Nive&u(x) d'enseignement: 7 Numéro ISN : 9521
Centre d'intérêt: 843

Gaulin, Francine.

Démythification de la chimie : matériel didactique / [Francine Gaulin pour la] Direction générale de l'enseignement collégial, Service du développement des programmes. -- [Québec] : Ministère de l'enseignement supérieur et de la science, 1990.
viii, 199 p. ; 28 cm. -- (Aujourd'hui, demain)

"Opération Boules à mythes". Code: 1513-0147 ; 89-0723. Bibliogr. : p. 195-199.

ISBN 2-550-20712-2

Vedette(s)-secondaire(s): Québec (Province). Direction générale de l'enseignement collégial. Service du développement des programmes

Descripteur(s): Chimie • Matériel didactique • Activité d'apprentissage Collégial (Ordre d'enseignement)

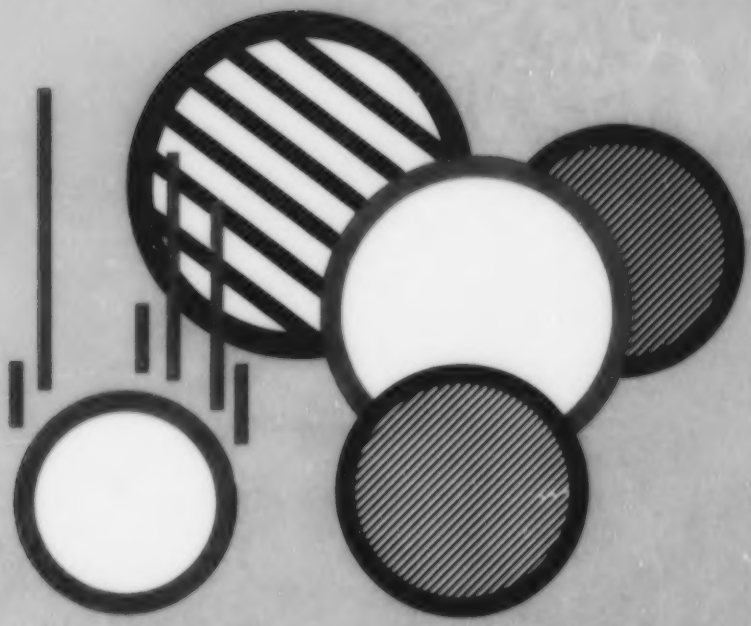
Ce document présente du matériel didactique d'appoint pour le personnel enseignant qui doit travailler à diminuer les résistances des élèves à l'apprentissage de la chimie, ainsi que pour ceux et celles qui doivent développer une plus grande assurance en leur capacité de réussir dans cette discipline. L'introduction présente les fondements théoriques qui sous-tendent l'approche de démythification de la mathématique, de la physique et de la chimie. Sans vouloir réduire la problématique du taux élevé d'abandons et d'échecs au choix de la stratégie pédagogique, on tente essentiellement de situer la lectrice et le lecteur et de justifier l'option retenue. Le corps du recueil est réservé aux activités de démythification. Ces dernières sont indépendantes les unes des autres et sont généralement structurées de la façon suivante: numéro et titre de l'activité, mythe, anti-mythe, objectifs, contenu théorique, matériel requis, durée, déroulement, notes/commentaires, annexes. La majorité des activités proposées permettent simplement l'introduction de courtes expériences de démythification lorsque celles-ci peuvent faciliter l'appréhension du matériel scientifique. Certaines autres activités sont toutefois plus élaborées compte tenu du sujet traité et de la préoccupation d'une réponse adaptée aux besoins d'une clientèle diversifiée.

Type de document:

Démythification de la chimie

Matériel didactique

« Opération boules à mythes »



AUJOURD'HUI, DEMAIN

Québec

CENTRE DE DOCUMENTATION COLLÉGIALE
1111, rue Lapierre
LASALLE (Québec)
H8N 2J4

9521

DÉMYTHIFICATION DE LA CHIMIE

MATÉRIEL DIDACTIQUE

« Opération boules à mythes »

Direction générale de l'enseignement collégial
Service du développement des programmes
Septembre 1990

© Gouvernement du Québec

Dépôt légal: troisième trimestre 1990
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada

ISBN 2-550-20712-2

Rédaction

Francine Gaulin, Cégep de Limoilou

Coordination

Marie Lamoureux

Responsabilité du projet

France Picard, Service du développement des programmes

Avant-propos

L'«opération boules à mythes» a été réalisée par une équipe de deux enseignantes et d'un enseignant soucieux d'adapter l'enseignement de la mathématique, de la physique et de la chimie à la réalité de l'élève en situation d'apprentissage. Ils nous offrent une série de trois recueils d'activités pédagogiques basées sur une approche permettant de démythifier la discipline. Cette approche tente de tenir compte des processus émotifs qui interviennent dans l'apprentissage de la mathématique et des sciences. Plus précisément, les activités de démythification intègrent des éléments de la réalité socio-politique qui interviennent dans le processus de transmission des connaissances scientifiques. Ces activités visent à dénouer les effets psychologiques produits sur l'élève, effets qui nuisent à son apprentissage.

Les efforts déployés pour adapter l'enseignement de la mathématique et des sciences à la situation de l'élève étaient commandés par la problématique des échecs et des abandons scolaires accumulés dans ces disciplines. Certes, les activités proposées ne peuvent à elles seules solutionner ces problèmes. Il s'agit néanmoins d'une approche novatrice qui a été expérimentée localement et dont les résultats se sont avérés prometteurs.

Les activités pédagogiques ont été élaborées en fonction des particularités des adultes. Elles pourront cependant être utilisées avec les élèves de l'enseignement ordinaire. Toutefois, comme la contribution des femmes dans les domaines scientifiques a traditionnellement été ignorée, quelques activités pédagogiques ont été conçues pour mettre en valeur la présence des femmes en sciences.

Nous tenons à remercier l'auteure du présent recueil, madame Francine Gaulin, du cégep Limoilou, pour la qualité des travaux accomplis et pour sa contribution à l'enseignement de la chimie au collégial. Nous désirons souligner l'excellente collaboration des deux autres membres de l'équipe de l'«opération boules à mythes»: monsieur Yvon Fortin, du cégep François-Xavier-Garneau, et madame Louise Lafortune, du cégep André-Laurendeau, notamment pour son apport sur les aspects théoriques. Nos remerciements vont aussi à madame Anne Robitaille, enseignante au cégep de Limoilou, qui a participé aux premières étapes de conception du recueil, ainsi qu'aux enseignants et enseignantes qui ont apporté une collaboration concrète par la rédaction d'activités d'apprentissage ou ceux et celles qui ont nourri la réflexion en informant l'auteure des travaux menés dans des domaines apparentés. Également, nous tenons à souligner la collaboration de mesdames Louise Bérubé et Arlette Chiasson, linguistes, et celle de monsieur Jean Léveillé, traducteur, pour leur apport à la qualité du document final.

L'équipe de l'«opération boules à mythes» compte d'autres collaboratrices et collaborateurs que nous remercions: madame Chantal Leclerc, du Service des affaires étudiantes, pour sa participation à la définition des orientations du projet, madame Marie Lamoureux qui a assumé la coordination de l'opération, monsieur Jean-Claude St-Hilaire, du cégep de Sainte-Foy, qui a effectué la recension des écrits et la mise en page, madame Ginette Beaulieu, de Média Science, pour la vulgarisation d'écrits scientifiques, monsieur Jacques Robitaille, du Service de développement du matériel didactique, pour ses précieux conseils sur l'art de l'écrit pédagogique, madame Doris Bouchard qui a assumé par intérim la responsabilité du projet ainsi que madame Chantal Gaudreault pour la saisie des textes. Finalement, la production des recueils de démythification de la mathématique et des sciences n'aurait pas été rendue possible sans la collaboration des Services de l'éducation des adultes des cégeps de Limoilou, de Sainte-Foy et de François-Xavier-Garneau qui ont assumé la gestion financière de l'opération.

Nous espérons que le présent recueil fasse boule de neige auprès des enseignantes et des enseignants et qu'il contribue à rendre l'enseignement de la chimie plus accessible, voire attrayant.

Raymond Labrecque
Service du développement des programmes
Direction générale de l'enseignement collégial

Préambule

L'idée de tenir compte de l'influence des mythes sur la prédisposition à l'apprentissage est relativement nouvelle et est encore au stade exploratoire. Les discussions fondamentales de l'équipe de rédaction pour distinguer mythe de mystère, vulgarisation de démythification et pour établir un consensus sur la raison d'être d'une telle orientation témoignent de cette nouveauté.

À l'image de tout processus de découverte, l'équipe de pédagogues engagée dans cette production a eu à composer avec plusieurs inconnues et leur tolérance à l'ambiguïté fut mise à rude épreuve. Malgré tout, la conviction profonde de la possibilité d'intervenir et d'influencer directement le processus d'apprentissage en s'engageant dans l'avenue de la démythification leur est apparue suffisamment stimulante pour tenter d'en cerner les divers aspects. Trois documents pédagogiques composant la série «Opération boules à mythes» ont vu le jour: Démythification de la mathématique, Démythification de la physique et Démythification de la chimie.

C'est précisément à l'exploration de ce dernier recueil que nous vous invitons à participer.

Présentation générale

Démythification de la chimie présente du matériel didactique d'appoint pour le personnel enseignant qui doit travailler à diminuer les résistances des élèves à l'apprentissage de la chimie, ainsi que pour ceux et celles qui doivent développer une plus grande assurance en leur capacité de réussir dans cette discipline.

L'introduction présente les fondements théoriques qui sous-tendent l'approche de démythification de la mathématique, de la physique et de la chimie. Sans vouloir réduire la problématique du taux élevé d'abandons et d'échecs au choix de la stratégie pédagogique, on tente essentiellement de situer la lectrice et le lecteur et de justifier l'option retenue.

Le corps du recueil est réservé aux activités de démythification. Ces dernières sont indépendantes les unes des autres et sont généralement structurées de la façon suivante:

Numéro et titre de l'activité
Mythe Anti-mythe Objectif(s) de l'activité Contenu théorique Matériel requis Durée Déroulement de l'activité Notes / commentaires Annexes

Comme on pourra le constater, la majorité des activités proposées permettent simplement l'introduction de courtes expériences de démythification lorsque celles-ci peuvent faciliter l'appréhension du matériel scientifique. Certaines autres activités sont toutefois plus élaborées compte tenu du sujet traité et de la préoccupation d'une réponse adaptée aux besoins d'une clientèle diversifiée.

Votre participation à l'exploration de l'option démythification de l'enseignement et de l'apprentissage de la chimie va au-delà de l'utilisation de ce matériel didactique. Nous souhaitons également recevoir vos commentaires sur les activités offertes de même que vos propositions d'exercices ou de mises en situation susceptibles d'enrichir le présent document.

Pour ce faire, veuillez nous faire part de chacune de vos suggestions en indiquant:
— le titre du recueil
— le numéro de l'activité (s'il y a lieu)
— les commentaires ou suggestions.

Adresse de retour:

Service du développement des programmes
Direction générale de l'enseignement collégial
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science
1033, de la Chevrotière, Édifice Marie- Guyart (18e étage)
Québec G1R 5K9

Par souci d'honnêteté intellectuelle, nous croyons opportun de faire une mise en garde concernant l'«Opération boules à mythes»... L'utilisation répétée d'activités de démythification de la chimie présente un certain risque d'accoutumance qui peut s'accroître avec l'usage. On prévoit même une transformation qualitative de la relation pédagogique qu'elle permet d'établir en situation de formation...

Nous espérons pouvoir vous compter au nombre de ceux et celles qui s'engageront dans cette merveilleuse aventure.

Table des matières

Avant-propos		iii
Préambule		v
Table des matières		vii
Introduction: Des mythes, des maths et des sciences		1
Activités portant sur la démythification de la chimie		17
1	Test sur la perception des sciences	19
2	Perception des sciences	24
3	Faits et opinions	59
4	Recherche objective	61
5	Carte du territoire	64
6	La boîte noire	66
7	La boîte de Pandore	68
8	J'écoute, je sens, je touche et je regarde avec mes idées	70
9	Le tableau périodique de Chimios	74
10	Produits laitiers	76
11	Science neutre et objective	78
12	Fraude en science	81
13	Non-finitude de la science	84
14	Aspect humain de la démarche scientifique	87
15	Mythe du génie: Mendeleïev	90
16	Perception de la science par les élèves	94
17	Le mot évocateur	100
18	Anxiété ou joie d'apprendre	102
19	À propos de soi	107
20	Réussite	109
21	Processus d'apprentissage	112
22	Sauts quantiques	116
23	Réussite femmes-hommes	119
24	Femmes chimistes	120
25	Femmes en sciences	126
26	Jeu-questionnaire	151
27	Smarties	154
28	Bonne et unique méthode	156
29	Philipps 6/6	158
30	Sécurité	160

31	Toxicité	162
32	Erreur positive	164
33	Modèle féminin: Marie Sklodowska-Curie	167
34	Le quotidien dans le monde scientifique	173
35	Les scientifiques	175
36	Chimie dans la cuisine	177
37	La géométrie des molécules	183
38	La tour de Babel	185
39	La couleur	187
40	Les odeurs	189

Bibliographie 195

Introduction

Des mythes, des maths et des sciences

La mathématique et les sciences se sont construites à partir de découvertes s'échelonnant sur plusieurs millénaires. Aujourd'hui, cet héritage historique est enseigné dans nos établissements scolaires, mais il englobe plus que des connaissances disciplinaires. Il comporte également des façons de faire propres aux sciences exactes (la méthode scientifique), un prestige propre aux sciences exactes (l'appellation sciences «exactes» est éloquente), un profil du scientifique propre aux sciences exactes, etc. Outre l'héritage disciplinaire proprement dit, la mathématique et les sciences comportent donc un héritage culturel.

Est-il possible qu'au cours des âges, des mythes se soient immiscés dans l'héritage de la mathématique et des sciences? Est-il possible que ces mythes soient encore présents et retransmis dans l'enseignement de la mathématique et des sciences? De nouveaux mythes sont-ils apparus? Les mythes entravent-ils l'apprentissage de la mathématique et des sciences?

Au cours de ce premier chapitre, nous tenterons de démontrer qu'il est plausible d'associer la problématique des échecs et abandons en mathématique, en physique et en chimie à la présence de mythes contenus dans la discipline elle-même, dans la relation pédagogique et dans l'esprit des élèves. Nous examinerons de façon particulière comment cette problématique est vécue par les adultes qui, demeurés hors du circuit scolaire, n'ont peut-être pas pu modifier leur représentation de la mathématique et des sciences. Nous étudierons également comment ces mythes affectent les femmes, compte tenu que le sexe féminin a traditionnellement été sous-représenté en mathématique et en sciences. Finalement, nous proposerons des pistes de solution que nous illustrerons à partir d'expériences de pédagogie démythifiante.

1. Conséquences des abandons et des échecs en mathématique et en sciences

Dans le cadre de l'enseignement collégial, on constate un très haut taux d'abandons et d'échecs scolaires en mathématique, en physique et en chimie. Comme il s'agit de disciplines généralement préalables à la poursuite de formations prometteuses sur le plan des perspectives d'emploi — formations axées sur les nouvelles technologies —, on comprendra que les échecs et abandons dans ces disciplines deviennent des obstacles majeurs à l'orientation professionnelle.

Outre les obstacles socio-professionnels qu'entraînent les difficultés scolaires en mathématique et en sciences, on peut également regarder le problème sous l'angle de ses effets psychologiques sur l'élève qui échoue en mathématique et en sciences et qui en vient finalement à «décrocher» de la discipline. Il semble que des expériences d'échecs répétés dans une discipline amènent l'élève à entretenir une représentation négative. Il aborde alors la discipline avec un préjugé défavorable et il a tendance à ne retenir de ses expériences que celles qui confirment ses préjugés initiaux.

Les adultes qui reprennent leurs études après une absence prolongée apportent avec eux leurs antécédents en mathématique et en sciences, souvent tissés d'échecs et de difficultés et donc empreints d'une représentation négative de ces disciplines. Absents du milieu scolaire, les adultes n'ont pas eu l'occasion de modifier leur représentation négative de la mathématique et des sciences. De leur côté, les médias ne se montrent pas très rassurants lorsqu'ils invoquent des échecs prétendument considérables en mathématique et en sciences. Les adultes entendent également parler des nouveaux programmes, des «maths modernes», de laboratoires de chimie et de physique sans avoir pu suivre les changements intervenus dans le système scolaire depuis qu'ils ont quitté l'école et sans avoir pu s'y adapter.

Dans le cadre du présent recueil, nous avons choisi d'examiner comment les contenus théoriques des cours, les interventions pédagogiques et les attitudes du personnel enseignant contribuent à renforcer les préjugés que l'élève entretient envers une discipline où il est «habitué» à échouer. Nous postulons que la mathématique et les sciences font l'objet de mythification tant sur le plan des méthodes de travail, des gens de science que sur le plan du contenu théorique. Combien de fois avons-nous entendu parler de la «bonne réponse» et de l'«unique méthode», du travail solitaire des scientifiques, de la neutralité de la méthode scientifique, de la «bosse des maths»...; cette mythification inhibe l'apprentissage.

2. Mythification

Même si de plus en plus de personnes s'intéressent à la mathématique et aux sciences, même si les femmes qui ont toujours été éloignées de ces domaines traditionnellement réservés aux hommes nous démontrent qu'elles peuvent réussir, les mythes créés autour de la mathématique et des sciences ont la «vie dure». Encore très présents dans l'esprit des élèves, ils sont souvent responsables des attitudes négatives à l'égard de ces disciplines.

Certains de ces mythes se rapportent directement aux disciplines scientifiques; ils constituent probablement des stimuli répulsifs qui ont pour effet de désintéresser les élèves de l'apprentissage de la mathématique et des sciences. *La mathématique et les sciences sont exactes, neutres et objectives*: elles ne peuvent donc pas être accessibles aux êtres humains enclins à commettre des erreurs. *La mathématique et les sciences sont magiques*: elles ne peuvent donc pas être comprises.

D'autres mythes touchent le processus de découverte en mathématique et en sciences. *Il existe une «réponse unique» et une seule «bonne méthode» dans la résolution d'un problème*, ce qui laisse peu de place à la créativité, à l'intuition et à l'imagination. *L'histoire de la mathématique et des sciences est un processus fini qui ne peut être remis en cause*: il ne peut donc plus y avoir d'évolution de l'histoire de la mathématique et des sciences.

Certains mythes s'adressent plutôt aux scientifiques et aux professeurs et professeures de mathématique et de sciences. *Le scientifique froid et sans émotions* ne permet pas à l'élève

d'exprimer ses émotions suscitées par ces disciplines (peur, anxiété, plaisir...). *C'est toujours facile pour le «prof»* montre que l'élève ayant des difficultés ne peut réussir dans ces disciplines, car la solution devrait surgir instantanément. *Le travail du scientifique est un travail de solitaire auquel on doit consacrer sa vie* projette une image faussée de la recherche scientifique qui se fait le plus souvent en équipe.

Enfin, d'autres mythes mettent l'élève en relation avec son apprentissage de la mathématique et des sciences. *La «bosse des maths»* limite la réussite à une élite intellectuelle et sociale. *Les garçons peuvent mieux réussir que les filles en mathématique et en sciences* éloigne les filles de ces disciplines et les maintient dans les ghettos féminins.

Une fois que l'élève a intégré ces mythes à sa représentation de la mathématique et des sciences, il les utilise comme arguments pour justifier sa faible performance: «Même si je passais des heures à étudier des «maths», je ne réussirais pas mieux. On n'a pas la «bosse des maths» dans notre famille.» On remarque que l'élève intériorise le mythe, le personnalise et oublie que sa croyance provient d'un mythe véhiculé socialement. Cette situation pourrait en partie expliquer le fait que ces mythes se perpétuent.

Un mythe tenace: le talent

Blouin (1985) constate que la réussite en mathématique n'a rien à voir avec un prétendu talent «spécial» ou «supérieur». Elle est plutôt due à un ensemble de réactions personnelles (méthode de travail, confiance, motivation, effort) devant une situation d'apprentissage. En appliquant sa recherche à la physique (Blouin, 1986), il conclut que les difficultés dans l'apprentissage de la mathématique et des sciences ne découlent pas uniquement d'inaptitudes intellectuelles. L'explication des échecs et des abandons se retrouve aussi dans la peur et les réactions d'anxiété à l'égard de ces disciplines. Aussi, la réussite dans ces domaines demande-t-elle une assiduité et des efforts que beaucoup d'élèves n'ont pas nécessairement développés au cours de leurs études.

Dans la même ligne, ajoute Tobias (1978), il importe que les élèves connaissent leur propre style d'apprentissage, puissent bien distinguer l'intuition de la mythique «bosse» de la mathématique, et sachent que l'aptitude à résoudre des problèmes s'acquiert par la pratique et l'autonomie.

De son côté, le personnel enseignant est influencé par les données statistiques sur les piètres résultats scolaires des élèves en mathématique et en sciences. Il est également influencé par le sens commun qui attribue les échecs et les abandons au manque d'aptitude et de motivation des élèves.

> *Les mythes créés autour de la mathématique et des sciences et intégrés par les élèves sont souvent responsables des attitudes négatives à l'égard de ces disciplines.*
> *D'une part, l'élève qui a intégré certains mythes sur la mathématique et les sciences les utilise comme arguments pour justifier sa faible performance.*

D'autre part, les professeurs et professeures sont influencés par l'idée que la mathématique et les sciences sont des disciplines difficiles d'accès où le talent fait toute la différence entre la réussite et l'échec.

3. Mythification de la mathématique et des sciences par les adultes

Depuis la fin des années 70, la recherche sur les adultes s'est développée. On reconnaît de plus en plus que les élèves adultes sont différents des jeunes; les motifs invoqués pour étudier ne sont pas les mêmes qu'à l'enseignement ordinaire et l'apprentissage des adultes ne se fait pas de la même façon. Les professeurs et professeures de mathématique et de sciences, à l'éducation des adultes et de plus en plus à l'enseignement ordinaire, doivent enseigner à des adultes. Ils ont appris dans la pratique à tenir compte des particularités de chaque groupe sans toutefois bien connaître les particularités des adultes, hommes et femmes, ainsi que les principes andragogiques à respecter. Puisque les activités de démythification sont principalement conçues pour les adultes, nous tenterons de clarifier les aspects suivants: particularités des adultes, particularités de la population étudiante féminine et principes andragogiques.

Particularités des adultes

De plus en plus d'adultes s'inscrivent dans des démarches de réorientation professionnelle. Les programmes offerts actuellement exigent le plus souvent des cours de mathématique et de sciences. Mais comme les adultes ont souvent eu des expériences traumatisantes, ils sont inquiets à l'idée de devoir s'y inscrire. En outre, malgré leur grande motivation, ils éprouvent parfois de l'anxiété, car leur besoin de perfectionnement ou leur désir de se recycler dépend souvent de leur réussite à ces cours.

L'adulte reprend ses études dans l'espoir de se réaliser, d'accroître sa compétence et d'enrichir ses connaissances (Rogers, 1971; Verner, 1971). Il «espère ainsi obtenir une promotion, un travail moins monotone, ou satisfaire un intérêt qu'il poursuit durant ses moments de loisir» (Dufresne-Tassé, 1971, p. 19). À ces objectifs s'ajoutent ceux des étudiantes qui semblent former un groupe à part. Les femmes obéiraient à d'autres motifs: s'évader de la maison, se prouver qu'elles n'ont rien perdu de leur vivacité intellectuelle, se préparer à retourner au travail, rafraîchir des connaissances acquises antérieurement ou acquérir un métier tout à fait nouveau.

L'adulte, tel que défini par Bernard (1978), est un «individu qui est dans un état de vie où il assume des responsabilités pour lui-même et habituellement pour d'autres tout en jouant des rôles professionnels dans la communauté» (p. 6). Selon le même auteur, l'adulte est différent du jeune parce qu'il possède en lui-même les ressources essentielles à sa croissance et à son développement et qu'il a des expériences personnelles et professionnelles qui le différencient des élèves plus jeunes. Il a des souvenirs de son apprentissage teintés d'émotion qui datent de plusieurs années (enfance ou adolescence) et il tient à développer des connaissances et des habiletés en lien étroit avec ses responsabilités et ses activités. Cela est d'autant plus important

pour l'adulte qui n'a pas de temps à perdre, qui a des objectifs immédiats à réaliser et qui tient, le plus souvent, «à être respecté» dans son rythme d'apprentissage.

La peur de l'échec est un phénomène très important dans l'apprentissage de l'adulte. Cette peur de l'échec serait peut-être liée au fait que «l'apprenant adulte a des perceptions multiples lorsqu'il envisage l'apprentissage. Il a des images mentales émotivement ancrées en lui; elles ne sont pas nécessairement positives, cela signifie que des opérations de démantèlement seront utiles pour faciliter l'apprentissage» (Bernard, 1978, p. 32).

Dans le même sens, Dufresne-Tassé (1978) nous signale que «l'adulte qui se présente au cours est habituellement anxieux» (p. 19), parce qu'il a l'impression que ses capacités ont diminué (Rogers, 1971; Knowles, 1970); il a peur de ne pas connaître des notions que toute personne de son âge devrait maîtriser (Rogers, 1971); il a peur de découvrir que ce qu'il fait habituellement n'est pas correct et d'être obligé de changer (Rogers, 1971; Verner, 1971). Cette résistance au changement tend à le placer dans un état de déséquilibre et, bien qu'autonome, il a besoin d'aide afin d'être sécurisé dans sa capacité d'apprendre (Miller, 1984).

Dans notre démarche, nous avons tenté d'explorer la place qu'occupe la mathématique dans le choix de carrière des adultes (Lafortune, 1987). Nous avons constaté que les orientations choisies antérieurement par ces adultes ainsi que leurs choix actuels dépendent de plusieurs facteurs: vie familiale, conditions financières, âge, conditions de travail, emplois disponibles, cours de mathématique... Leurs résultats scolaires antérieurs, entre autres en mathématique, ont joué un rôle dans le choix de leur première orientation et les préoccupent lorsqu'ils songent par la suite à s'inscrire à des cours de mathématique.

Dans une autre recherche (Lafortune, 1987) nous rapportons que les professeurs et professeures parlent beaucoup, sous différentes formes, du manque de confiance des adultes en leur capacité de réussir. Les adultes semblent abandonner, se décourager facilement et par conséquent, ont besoin d'être stimulés. Ils reprennent leurs études après plusieurs années d'absence du système scolaire et ont souvent de mauvais souvenirs de leurs cours de mathématique et de sciences antérieurs. Toutes ces raisons, et peut-être d'autres aussi, les amènent à ne pas avoir confiance en eux.

Particularités de la population étudiante féminine

Les élèves adultes ne constituent pas un groupe homogène. Nous désirons souligner les particularités des femmes dans l'apprentissage de la mathématique et des sciences, disciplines traditionnellement masculines où peu de femmes font carrière. Même si notre but n'est pas d'amener les femmes qui reprennent leurs études à devenir mathématiciennes, chimistes ou physiciennes, le manque de modèle féminin dans ces disciplines amène les élèves, hommes et femmes, à attribuer le genre masculin à la mathématique et aux sciences (il y a à peine 5 p. 100 de femmes dans le corps professoral universitaire en mathématique et en sciences physiques et elles n'occupent à peu près pas de postes de commande (Lasvergnas-Grémy, 1983)).

Aussi, les filles et les femmes tendent à se disqualifier hâtivement et à abandonner l'étude de la mathématique et des sciences après le secondaire. Les filles attribuent leurs succès scolaires au travail et à l'effort qu'elles fournissent tandis que les garçons l'attribuent davantage à leurs habiletés. Et les filles ayant moins confiance en elles se dirigent, semble-t-il, vers des domaines n'exigeant pas de mathématique (Mura, 1986). Cette disqualification ne repose en rien sur les performances scolaires dans ces disciplines. Le Conseil des sciences du Canada (1982), le Conseil du statut de la femme et le ministère de la Science et de la Technologie (1985) soulignent qu'au secondaire, les filles suivent autant de cours de sciences que les garçons et qu'elles réussissent aussi bien, sinon mieux qu'eux.

Les femmes ont subi dans une mesure plus ou moins grande des conditionnements sociaux et des stéréotypes qui les ont écartées de ces disciplines. On les a dissuadées et même parfois empêchées d'entreprendre des études dans ces domaines. Mais comme le dit Tobias (1978), la mathophobie n'est pas uniquement un «problème de femmes». Les hommes éprouvent aussi des difficultés d'ordre affectif dans l'apprentissage de la mathématique, pour des raisons différentes cependant. Les pressions familiales et sociales exercées sur les hommes les poussent à se diriger vers des disciplines scientifiques et à y réussir; ils craignent donc d'échouer dans des domaines qu'ils n'ont pas vraiment désirés.

> *Les échecs et les abandons en mathématique et en sciences sont actuellement des obstacles majeurs à l'orientation professionnelle. Cette situation a des effets psychologiques sur les élèves qui échouent dans ces disciplines. Ils entretiennent une représentation négative de la mathématique et des sciences.*
> *La mathématique et les sciences font donc l'objet d'une mythification d'autant plus importante chez les adultes qui reprennent leurs études après une absence de plusieurs années et chez les femmes qui subissent dans une mesure plus ou moins grande les conditionnements sociaux et les stéréotypes qui les ont écartées de ces disciplines.*

Principes andragogiques

À partir des particularités des adultes décrites précédemment, nous préciserons quelques principes andragogiques à appliquer dans l'enseignement aux adultes. Ces principes, généralement examinés pour l'ensemble des disciplines, peuvent facilement s'appliquer à la mathématique et aux sciences. Ce court rappel vise à préciser que l'efficacité des activités de démythification auprès des adultes repose également sur l'utilisation de stratégies pédagogiques adaptées à ce groupe. C'est un préalable essentiel.

Les formules pédagogiques les mieux adaptées à l'adulte doivent favoriser l'apprentissage actif et être centrées sur l'expérience de l'élève (Pitre, 1979; Kidd, 1973; Rogers, 1971; Verner, 1971; Knowles, 1970; Pine, 1969). Knowles (1970) et Pine (1969) suggèrent au personnel enseignant d'éviter de présenter ce que l'élève doit apprendre comme étranger à ses préoccupations. Beaudet

(1981) ajoute que les programmes de l'enseignement ordinaire sont souvent loin de répondre aux besoins particuliers des adultes. Il importe donc d'adapter l'enseignement ordinaire à l'éducation des adultes et ce, dans toutes ses composantes (contenu des programmes, méthodes pédagogiques, objectifs de formation...).

Par ailleurs, une recherche qui interrogeait le personnel enseignant en mathématique sur son expérience de l'enseignement aux adultes propose des moyens d'adapter l'enseignement à ce groupe. Avec les adultes, signale-t-elle, il importe de tenir compte des rythmes d'apprentissage, de ralentir le rythme de transmission des connaissances, surtout au début de l'apprentissage. Les rencontres de groupe sont des moments privilégiés de communication. Les adultes se sentent alors moins seuls avec leurs difficultés, les affinités entre eux se révèlent plus facilement et les contacts se font plus rapidement (Lafortune, 1987).

Les expériences personnelles et professionnelles des adultes et leurs attentes sont diverses. Les activités de démythification de la mathématique et des sciences constituent un moyen de mieux les rejoindre et de s'adapter aux diverses situations. Les réflexions des adultes en classe nous permettent parfois de choisir des activités capables de modifier leur représentation négative.

Les obstacles d'ordre affectif sont particulièrement importants chez les femmes qui ont quitté les études ou le marché du travail depuis quelques années, qui se sentent étrangères au monde de l'éducation, qui ont subi des conditionnements sociaux et des stéréotypes les écartant de ces disciplines traditionnellement associées aux hommes et dits peu utiles pour elles. Nous devons donc porter une attention particulière au contenu des activités de démythification afin que les femmes puissent recouvrer ou développer leur confiance de réussir.

Les adultes, hommes et femmes, disent souvent avoir tout oublié. Nous pouvons leur rappeler des notions déjà apprises en leur faisant prendre conscience qu'ils utilisent très souvent la mathématique et les sciences de façon intuitive dans leur quotidien. Cela les rend plus confiants ou, tout au moins, leur fait accepter de poursuivre leurs cours de mathématique, de physique et de chimie avec un peu plus d'assurance et favorise un meilleur apprentissage de ces disciplines.

> *Compte tenu des particularités des adultes (plusieurs années sans avoir étudié, diversité des expériences personnelles et professionnelles, grande motivation, manque de confiance, peur de l'échec, anxiété...), il importe d' adapter l'enseignement de la mathématique et des sciences à ce groupe particulier, hommes et femmes.*

4. Démythification ou comment relever le défi des abandons et des échecs en mathématique et en sciences

Plusieurs recherches ont tenté de cerner les raisons des nombreux échecs et abandons en mathématique et en sciences; plusieurs expériences ont essayé d'apporter des solutions à cette

situation en préconisant notamment l'utilisation d'activités de démythification (Lafortune, 1987; Lee, 1986; Tobias, 1978). Nous ne prétendons pas que ce moyen est unique, mais il est susceptible de rendre plus positives les attitudes des élèves et de renforcer la confiance de réussir en mathématique et en sciences.

Les élèves influencés par les mythes entretenus à l'égard de la mathématique et des sciences ont tendance à expliquer les raisons de leurs abandons et échecs à l'aide d'idées préconçues (Je n'ai pas la «bosse des maths», seuls les garçons peuvent bien réussir en mathématique et en sciences...).

Pourtant, la problématique des échecs et abandons scolaires pourrait être attribuée à bien d'autres causes: lourdeur des programmes scolaires, manque de temps pour couvrir toutes les notions, lacunes liées à l'enseignement de la mathématique et des sciences au secondaire, ratio professeur-élève, etc. De fait, ces facteurs interviennent dans la problématique. Nous avons choisi d'essayer d'exploiter les éléments de solution à la portée des enseignants et enseignantes, et applicables dans le contexte actuel. Même si les méthodes pédagogiques utilisées par le personnel enseignant en mathématique et en sciences ne constituent pas nécessairement la principale cause du problème, il s'agit là d'un facteur susceptible d'influencer la représentation défavorable que certains élèves entretiennent à l'égard de ces disciplines. Dans ce sens, nous proposons l'utilisation d'activités de démythification de la mathématique et des sciences.

Comment démanteler ces représentations mythiques?

Les mythes ont la vie dure. Il ne suffit donc pas d'évoquer avec les élèves l'existence de mythes pour que le changement s'opère aussitôt. L'intervention repose sur une double opération.

Premièrement, il convient de retracer avec l'élève l'origine des mythes et de démontrer que la représentation mythique qu'il entretient n'est pas une pure création de son imagination farfelue, mais qu'elle provient d'un héritage culturel. Par exemple, on peut mettre le mythe de la «bosse des maths» en relation avec le statut prestigieux attribué aux scientifiques. Dans le sens commun, la «bosse des maths» ou l'esprit génial viennent corroborer le prestige que l'on consent aux scientifiques. Sinon, pourquoi devrait-on continuer à les considérer avec autant d'égard?

Cette première opération permet de légitimer en quelque sorte la représentation mythique de l'élève (et non pas le mythe), sans éveiller la culpabilité de l'élève ainsi démasqué dans ses pensées mythiques.

Deuxièmement, il convient d'aider l'élève à formuler une explication plus raisonnée de ses difficultés en mathématique ou en sciences et à acquérir une représentation plus réaliste de la mathématique et des sciences, tout en proposant des solutions concrètes. Comme nous le verrons, les élèves sont capables de dépasser le sens commun et de circonscrire les raisons de leurs difficultés. Par exemple, Blouin (1987) intervenait auprès des élèves en tentant de modifier leurs habitudes de travail.

L'utilisation d'activités de démythification de la mathématique, de la physique et de la chimie est susceptible de rendre plus positives les attitudes des élèves et de renforcer leur confiance de réussir en mathématique et en sciences.

5. Démythification

Comme les notions de démystification, démythification, vulgarisation et concrétisation portent parfois à confusion, nous tenterons d'en clarifier le sens. La vulgarisation et la concrétisation sont des moyens pédagogiques fréquemment utilisés dans l'enseignement afin de rendre des notions plus faciles à comprendre. L'enseignant ou l'enseignante vise alors une meilleure compréhension sans toutefois rechercher principalement un changement d'attitude, même si cela se produit parfois. La démystification et la démythification tentent de dévoiler certains mystères et mythes. L'objectif visé est alors un changement d'attitude. Si l'enseignant ou l'enseignante propose aux élèves une représentation plus juste des disciplines concernées et du personnel enseignant, les élèves pourront adopter une attitude plus positive, être plus attentifs et mieux comprendre les notions enseignées.

Pour une pédagogie démythifiante

La démythification a pour objectif de lever le mystère sur ce qui n'en est pas un. Les activités de démythification proposées ultérieurement seront orientées vers trois cibles: démythifier la discipline, ses contenus théoriques, sa méthodologie, ses applications, etc.; démythifier le scientifique, sa démarche, ses erreurs, ses angoisses, etc.; démythifier la représentation mythique que l'élève entretient à l'égard de la mathématique ou des sciences. Examinons donc ces cibles de démythification de façon plus détaillée.

La discipline

En ce qui concerne la discipline, nous pouvons tenter de rendre le contenu théorique plus abordable et accessible. Nous pouvons le lier au concret, à «la vie de tous les jours» en tenant compte du groupe auquel nous nous adressons (jeunes, adultes, femmes) et des diverses orientations professionnelles des élèves (informatique, sciences, psychologie, techniques de bureau, génie...). Cette façon de procéder relève plus particulièrement de la vulgarisation et de la concrétisation, mais elle rejoint la notion de démythification en dénonçant le mythe de l'inaccessibilité de la discipline.

Actuellement, l'enseignement des sciences ne semble rendre compte que des résultats des recherches en omettant souvent de présenter la démarche, le processus. La matière est organisée de façon systématique et ordonnée; tout s'enchaîne comme s'il n'y avait eu aucune faille dans la démarche de recherche. Pourtant, le processus scientifique est tout autre. Il est fait d'essais et d'erreurs, de créativité et d'originalité. Il découle souvent de tâtonnements, d'hypothèses erronées et de fausses pistes (Blouin, 1986). En dévoilant cet aspect de l'enseignement de la

mathématique et des sciences, on peut démythifier la méthode scientifique et ses applications en faisant valoir l'importance de la méthode utilisée et du processus essais-erreurs, ainsi que de l'utilité de l'intuition et des hypothèses parfois invérifiées.

Le scientifique

L'image du scientifique et du professeur ou de la professeure de mathématique et de sciences véhiculée socialement peut laisser croire à l'élève que l'enseignant ou l'enseignante est une personne inaccessible, infaillible, bref un modèle que l'élève ne sera jamais capable d'imiter. Pour contrer ce mythe, le personnel enseignant doit s'impliquer davantage avec ses élèves, présenter ses propres démarches lorsqu'il résout les exercices et accepter de dévoiler ses erreurs. De façon analogue, on pourra présenter l'histoire de la mathématique et des sciences comme un processus qui n'est pas terminé et qui demeure en continuel mouvement. Les personnes qui ont participé à son évolution sont des êtres humains limités dans leurs découvertes par la précision des instruments mis à leur disposition, dépendants de leurs émotions et de leurs intuitions, influencés par les priorités politiques et par le contexte socio-économique.

Les élèves

Si les élèves vivent l'expérience d'un succès en mathématique, en physique ou en chimie (réussir à comprendre un modèle mathématique ou une expérience de laboratoire, à appliquer une notion...) et qu'ils s'attribuent cette réussite, ils prendront lentement confiance en leurs propres capacités.

Si l'expression des émotions est acceptée par le personnel enseignant comme partie intégrante de l'apprentissage de la mathématique et des sciences, les élèves se sentiront davantage concernés par ces disciplines. Ils seront alors mieux disposés à fournir l'effort nécessaire et augmenteront leur motivation et leur confiance tout en diminuant leurs appréhensions et leurs réactions d'anxiété. En outre, une écoute plus attentive des élèves qui connaissent des difficultés d'apprentissage permet de constater qu'ils peuvent souvent s'exprimer sur ce qu'ils vivent à l'égard de la mathématique et des sciences; ils peuvent aussi très souvent expliquer leurs difficultés ou échecs qui proviennent généralement de problèmes d'adaptation lors de nombreux changements d'école, de conflits entre l'élève et le professeur ou la professeure, de pressions familiales, du contenu théorique de la discipline... En connaissant mieux l'origine des difficultés, nous pouvons intervenir de façon plus adéquate. Nous avons davantage prise sur les difficultés reliées à la discipline elle-même et sur celles qui relèvent de l'émotivité (Lafortune, 1987).

En démythifiant la mathématique et les sciences ainsi que le scientifique et le mathématicien, on peut créer une atmosphère détendue dans le groupe, transformer «l'angoisse de l'examen» en un sentiment moins stressant, permettre les échanges, susciter l'expression des émotions vécues dans le cadre de ces disciplines et ainsi modifier la représentation négative entretenue par l'élève à l'égard de la mathématique et des sciences.

L'utilisation d'activités de démythification de la mathématique, de la physique et de la chimie permet de démythifier la discipline, ses contenus théoriques, sa méthodologie, ses applications; de démythifier le scientifique, sa démarche, ses erreurs, ses angoisses; de démythifier la représentation mythique que l'élève entretient à l'égard de la mathématique et des sciences.

6. Quelques expériences liées à une pédagogie démythifiante

L'expérience menée par Blouin (1987) en mathématique a montré que l'intégration d'activités visant à modifier les représentations négatives des élèves transformait rétroactivement l'attitude du personnel enseignant, et donc l'ensemble de la relation pédagogique.

Gattuso et Lacasse (1986), dans leurs recherches auprès de mathophobes de niveau collégial, dégagent des solutions liées à la démythification. Dans ce sens, le personnel enseignant doit veiller à ce que les élèves puissent parler ouvertement de la matière, du professeur ou de la professeure, mais aussi de leur propre vécu en mathématique. Le personnel enseignant doit à son tour transmettre son vécu en mathématique, c'est-à-dire amener l'élève à s'identifier à la démarche d'interrogation, de recherche et de réflexion que l'enseignant ou l'enseignante effectue lorsqu'il aborde un problème mathématique.

Nimier (1985) conçoit la relation pédagogique comme la rencontre des représentations respectives que l'élève et l'enseignant ou l'enseignante se font de la discipline. Comme pédagogue, l'enseignant ou l'enseignante doit être ouvert aux diverses représentations des élèves. Cette ouverture a probablement un effet bénéfique sur la communication professeur-élève, ce qui facilite les apprentissages et modifie graduellement la représentation que l'élève entretient à l'égard de la discipline.

Lee (1986) ajoute que, pour intégrer des activités démythifiantes, le personnel enseignant ne doit pas être mystifié par les sciences, ni projeter une image mystifiante du scientifique à ses élèves.

Des discussions en classe dépassant le contenu théorique de la discipline (stress à l'examen, peur des manipulations en laboratoire, etc.) permettent aux élèves d'exprimer les tensions qu'ils vivent et de se rendre compte qu'ils ne sont pas les seuls à les vivre. Le contact entre les membres du groupe devient alors plus stimulant, plus sympathique et plus facile à établir (Lafortune, 1988).

Par ailleurs, l'organisation d'un cours qui tient compte des tâches que les élèves ont à assumer dans les autres cours et qui se préoccupe de leur emploi futur leur fait sentir qu'on s'intéresse à leurs besoins réels. Alors, la relation professeur-élève se modifie et les élèves se sentent valorisés par cette façon de procéder qui reconnaît l'importance de leur travail (Lafortune, 1988).

Dans son dernier ouvrage, Baruk (1985) montre comment les façons de relever les erreurs sur les copies par des signes («?», «X», «!!!») et par des commentaires non significatifs peuvent entraîner une mauvaise interprétation de l'erreur et ainsi altérer la compréhension que l'élève a d'une notion mathématique.

Ces diverses expériences nous enseignent donc qu'une pédagogie démythifiante passe, entre autres choses, par l'intégration de données affectives (représentations respectives que le personnel enseignant et l'élève entretiennent à l'égard de la mathématique et des sciences) au sein même de disciplines dites exactes. De plus, même si les premières années d'enseignement amènent souvent à se conformer au modèle traditionnel dominé par le contenu théorique, nous croyons qu'il importe de faire appel à la créativité, à l'esprit de recherche et d'analyse et de favoriser l'expression des émotions suscitées par la mathématique et les sciences.

> *Diverses expériences nous enseignent qu'une pédagogie démythifiante passe par l'intégration de données affectives au sein même de disciplines dites exactes. Il importe donc de composer avec les aspects affectifs dans la relation pédagogique et de faire appel à la créativité ainsi qu'à l'esprit de recherche et d'analyse.*

7. Activités de démythification

Nous avons vu que les mythes créés autour de la mathématique et des sciences sont souvent responsables des attitudes négatives des élèves à l'égard de ces disciplines. De plus, la mythification est plus importante chez les adultes qui reprennent leurs études après plusieurs années d'absence.

Nous proposons ci-après des activités de démythification susceptibles de rendre plus positives les attitudes des élèves et de renforcer leur confiance de réussir. Ces activités ont été suggérées par le personnel enseignant du réseau collégial. Issues de sources diverses, elles devraient permettre de répondre à la diversité des expériences personnelles et professionnelles des adultes et aux différentes conceptions de l'enseignement de la mathématique et des sciences. Certaines pourront convenir à plus d'une discipline; elles se rattacheront alors davantage à l'affectivité. D'autres activités seront plutôt disciplinaires; elles s'attarderont au contenu théorique de la discipline en lien avec les mythes qui ont été créés et perpétués. Ces activités pourront prendre diverses formes:

— réflexions et discussions suscitées en classe pour diminuer les effets de mythes entretenus vis-à-vis de certains aspects de la mathématique et des sciences;

— moyens d'intégrer l'histoire de la mathématique et des sciences au contenu théorique afin de montrer que ces disciplines sont toujours en évolution, qu'elles sont constituées d'échecs et de succès vécus par des hommes et des femmes influencés par les valeurs politiques, économiques et sociales de leur époque;

— thèmes de discussion à aborder en classe à partir d'un texte, d'un vidéo ou d'un exposé. Ces thèmes peuvent dépasser le contenu théorique proprement dit et traiter du stress vécu lors d'un examen, de l'erreur en mathématique et en sciences, d'anecdotes historiques, des liens à faire avec le quotidien ou avec d'autres champs d'études;

— activités à utiliser lors d'un laboratoire de physique ou de chimie où les élèves apprendront à apprivoiser leurs peurs vis-à-vis de certaines manipulations;

— jeux rendant l'apprentissage d'une notion plus facile et plus détendu;

— conférences organisées permettant un meilleur contact avec le groupe;

— moyens de créer dans le groupe une atmosphère propice à l'expression des émotions suscitées par la mathématique et les sciences: stress, anxiété, plaisir, peur...

Activités

portant sur la démythification de

la chimie

1 Test sur la perception des sciences

Mythe
Je n'entretiens aucun mythe à l'égard des sciences.

Anti-mythe
Plusieurs mythes se perpétuent et laissent croire à la population que la science demeure un domaine réservé à une élite chargée de trouver les meilleures solutions aux problèmes de l'humanité.

Objectif de l'activité
Amorcer une réflexion concernant les mythes entretenus à l'égard des sciences et évaluer l'impact de ces mythes sur les attitudes et, de là, sur les apprentissages.

Introduction
L'ensemble des mythes véhiculés dans le domaine des sciences influencent nos attitudes (La science est neutre et objective - Il faut être génie pour réussir en science - Les femmes ont moins d'aptitudes que les hommes pour les sciences - etc). Ainsi, lors des grands débats qui peuvent avoir comme impact la remise en question de l'avenir de l'humanité, on peut constater des attitudes plutôt passives de la population tel le manque d'implication. Chacune et chacun se croient inaptes et impuissants à se prononcer sur des questions controversées, comme la pollution, la course aux armements, les nouvelles techniques de reproduction, la fluoration des eaux, etc.

Lorsqu'on se retrouve au point crucial de faire un choix de société pour demain, on préfère laisser les décisions aux politiciens qui, à leur tour, consultent les scientifiques supposés, eux, avoir réponse à tout. Pourtant ces spécialistes peuvent difficilement analyser un problème dans une optique pluridisciplinaire, c'est-à-dire tenir compte des aspects sociologique, économique et politique, afin d'apporter des solutions globales.

Matériel requis
- Test tiré du magazine Archi-Mie, production du Collectif de chimie du cégep de Limoilou (p. 21 à 22)
- Identification des mythes (p. 23)

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité

1. Après une brève présentation, le test est distribué aux élèves; on peut allouer environ vingt minutes pour répondre aux questions. Ce test aidera chaque élève à faire le point sur sa propre vision des sciences.

2. Reprendre les questions en groupe, de façon à compiler les résultats au tableau. À cette étape, il faudrait éviter les grands débats et plutôt inviter chacun et chacune à écouter les commentaires des autres. Ceux et celles qui veulent donner la raison de leur choix peuvent le faire, mais de façon concise. Si des divergences marquées se manifestent, un échange de points de vue peut être repris de manière plus élaborée au cours d'une autre activité.

Discussion

Après avoir compilé les résultats du test, les questions suivantes peuvent servir d'amorce à une discussion:

1. Faire ressortir chacun des mythes traités dans le test. Au besoin, consulter l'identification des mythes (p. 23).
2. Comment ces mythes entretenus à l'égard des sciences peuvent-ils affecter nos attitudes?
3. Comment ces attitudes peuvent-elles affecter nos apprentissages?
4. La formation en science au secondaire et au collégial permet-elle de relier les apprentissages et la technologie moderne?
5. Est-il concevable que toute la population soit consultée lorsque des décisions importantes à caractère scientifique doivent être prises?

Notes/commentaires

Il est intéressant de présenter les deux premières activités, «Test sur la perception des sciences» (p. 21) et «Perception des sciences» (p. 24), en début de session; elles permettent de sonder, d'évaluer et de connaître le groupe, en vue de préparer ses cours. La démythification en ce qui a trait aux mythes les plus marqués pourra se poursuivre en cours de session.

Conception et rédaction

Collectif de chimie, cégep de Limoilou

1.1 Test sur la perception des sciences

Pour chacune des questions, encerclez la réponse appropriée.

1. Vous partagez le point de vue selon lequel les connaissances scientifiques sont neutres et objectives, c'est-à-dire qu'elles sont valables en tout temps, en tout lieu et pour tous - au-delà des sociétés et des formes de culture - et qu'à ce titre, elles seules peuvent être considérées comme véritables:
   a) tout à fait
   b) oui, avec des nuances
   c) pas du tout

2. Le fait qu'une grande partie de la recherche scientifique soit effectuée dans les institutions universitaires constitue, selon vous, une garantie d'objectivité et la meilleure assurance du caractère humanitaire des découvertes:
   a) absolument
   b) pas nécessairement
   c) aucunement

3. Le problème le plus pressant actuellement dans le monde et celui auquel on devrait consacrer le plus de ressources pour sa résolution est sans contredit:
   a) le cancer et le SIDA
   b) la pollution de l'environnement
   c) la faim dans le monde
   d) l'inégalité dans le partage des ressources mondiales

4. La recherche effectuée sur les êtres humains:
   a) est justifiée parce qu'elle est indispensable au progrès de la science médicale pour le plus grand bien de l'humanité;
   b) doit être limitée aux enquêtes statistiques sur des populations (épidémiologie) et encadrée par un code d'éthique et des mécanismes de contrôle;
   c) doit être carrément interdite compte tenu des exagérations auxquelles, de tout temps, ont succombé les chercheurs.

5. S'il n'y a pas davantage de femmes dans les milieux scientifiques:
   a) c'est qu'elles sont «naturellement» portées à jouer des rôles exigeant moins de raison et plus d'émotions;
   b) c'est qu'une carrière scientifique s'accomode mal d'interruptions (congés de maternité par exemple) et exige une disponibilité que ne permet pas le soin des enfants;
   c) c'est que les modèles et les mécanismes sociaux (femmes scientifiques, stéréotypes) n'encouragent pas ces choix.

6. a) Le confort moderne, croyez-vous, est en grande partie dû aux réalisations de la chimie (vêtements, isolants, médicaments, etc.).
   b) Au contraire, vous croyez que la mise en oeuvre des savoirs de la chimie crée beaucoup de dommages à l'environnement et à la santé des humains et qu'elle contribue bien peu à résoudre les urgences de l'heure.
   c) Vous êtes d'avis que la chimie ne peut être jugée en termes de bon et de mauvais parce qu'elle n'est qu'un des éléments de notre société et qu'elle interagit avec chacun d'eux.

7. À l'instar des autres champs de savoir, la chimie peut contribuer à la résolution des problèmes sociaux contemporains:
   a) oui, certainement
   b) peut-être, mais je ne vois pas comment
   c) sûrement pas, ce serait plutôt le rôle des sciences sociales

8. Dans les grands débats qui agitent la société québécoise et qui touchent de près ou de loin le champ des sciences et de la chimie, vous considérez que les chimistes devraient:
   a) faire confiance aux politiciens et s'abstenir de prendre parti pour éviter de perdre leur crédibilité;
   b) intervenir sur la place publique comme n'importe lequel citoyen;
   c) intervenir au sein de groupes de pression qui visent à informer et à sensibiliser le grand public.

9. Vous pensez que les programmes de sciences du cégep et de l'université devraient faire une place plus importante encore à la formation générale (philosophie, sciences sociales, histoire, etc.):
   a) oui
   b) non

10. Votre choix du programme de sciences au cégep s'explique par le fait:
   a) qu'il répond à votre capacité d'apprendre;
   b) qu'il offre la possibilité d'un avenir prometteur;
   c) que les sciences seront de plus en plus présentes dans la société de l'avenir;
   d) que les connaissances scientifiques et le statut de scientifique permettent d'intervenir plus efficacement pour opérer des changements sociaux.

1.2 Identification des mythes

Mythe ayant trait à chacune des questions du test:

1. La science est toujours neutre et objective.
2. La recherche est toujours neutre et objective.
3. La recherche est toujours neutre et objective.
4. La recherche est toujours neutre et objective.
5. Les femmes ont moins d'aptitudes que les hommes pour les sciences.
6. La chimie ne contribue qu'à la dégradation de la planète.
7. La recherche en chimie est toujours bénéfique pour l'humanité.
8. Les grands débats à caractère social, relatifs à la chimie, ne concernent que les politiciens.
9. La chimie est tellement spécialisée qu'elle ne peut avoir sa place dans un programme de formation générale.
10. Il importe peu d'acquérir des connaissances scientifiques en vue d'intervenir lors des grands débats à caractère social, relatifs à la chimie.

2 Perception des sciences

Mythe
La science est le domaine privilégié de l'objectivité et de l'honnêteté intellectuelle.

Anti-mythe
Certaines croyances, souvent fondées sur des préjugés ou résultant d'une connaissance incomplète d'un sujet, peuvent être modifiées si on élargit le champ de ses connaissances à l'aide d'une documentation diversifiée.

Objectif de l'activité
Prendre conscience que la science est une activité humaine comme les autres et qu'à ce titre, elle est corruptible.

Introduction
L'activité consiste à choisir individuellement le sujet où la mythification semble la plus prononcée, ou encore le sujet qui rejoint un questionnement déjà amorcé:

1. Si l'on croit que l'activité scientifique est neutre et objective, lire «Les tricheurs en blouse blanche».
2. Si l'on pense que le sexisme ne peut atteindre le domaine scientifique, lire «La belle au bois dormant se meurt: le valium et le cancer du sein».
3. Si l'on croit que la recherche se fait toujours dans le sens d'un mieux-être de l'humanité, lire l'article «Les biotechnologies de la reproduction. Au profit de qui?».
4. Si l'on croit que des recherches utilisant les cobayes humains sont nécessaires, lire «Histoires de cobayes humains».

Matériel requis
Les textes supports suivants:
— «Les tricheurs en blouse blanche» (p. 26 à 36)
— «La belle au bois dormant se meurt» (p. 37 à 43)
— «Les biotechnologies de la reproduction. Au profit de qui?» (p. 44 à 49)
— «Histoires de cobayes humains» (p. 50 à 58)

Durée
1 heure en classe et 1 heure chez soi

Déroulement de l'activité
La présente activité peut être réalisée en plusieurs temps:

1. En classe, choix d'un des textes annexés, selon ses intérêts ou selon ce qu'on croit être une mythification importante.
2. Lecture attentive chez soi et prise de notes pour faire ressortir les points importants.
3. Retour en classe pour un échange permettant de confronter ses trouvailles à celles des autres.
4. Rédaction d'une synthèse accompagnée d'une réflexion personnelle faisant ressortir le mythe de la science pure.

Notes/commentaires
L'activité «Test sur la perception des sciences» devrait précéder l'activité «Perception des sciences».

Outre la démythification des sciences comme telle, cette activité permet d'apprendre à faire un résumé de lecture. Pour quiconque étudie en chimie, il est important de développer cette habileté à reconstituer l'idée d'un auteur ou d'une auteure, de façon à percevoir l'essentiel de ce qui est écrit et à réussir à en faire un compte rendu.

Conception et rédaction
Collectif de chimie, cégep de Limoilou

2.1 LES TRICHEURS EN BLOUSE BLANCHE

Accablant: il n'y a pas d'autre mot pour qualifier le document que nous vous présentons ce mois-ci et qui n'avait jamais été divulgué en France. Il concerne un sujet particulièrement délicat: les essais de nouveaux médicaments. Les faits se sont pas passés aux Etats-Unis, pays pourtant archiprotégé. Alors, on ne peut s'empêcher de se demander avec une certaine inquiétude: qu'en est-il chez-nous?

Dans l'esprit du public, s'il est un domaine où s'impose la plus grande prudence, où toute initiative doit se conformer à des règles strictes, où le sens des responsabilités doit régler toute action, où enfin les qualités morales des opérateurs sont au moins aussi importantes que leurs qualités professionnelles, c'est bien celui de l'expérimentation thérapeutique, et en particulier de l'expérimentation sur l'homme. Car, s'il est indispensable d'essayer de nouveaux médicaments avant de les mettre sur le marché, il est tout aussi capital de contrôler les risques que comportent ces essais.

Expérimenter un nouveau médicament, c'est étudier la façon dont l'organisme l'absorbe, le distribue, l'élimine; c'est déterminer la dose à laquelle il est efficace; c'est déceler ses effets indésirables et en mesurer la gravité. Tout cela, aucun ordinateur ne peut le faire. Les essais sur les animaux de laboratoire donnent d'utiles indications, mais ils ne sont pas les mêmes que celles des hommes. Il faut donc faire des tests sur l'homme: sur des volontaires sains d'abord, sur des patients sélectionnés ensuite.

En général, ces essais ne soulèvent pas d'inquiétude particulière dans le public. Ils sont faits par des médecins, alors les gens ont confiance. Et puis, on nous répète à l'envi que les procédures sont très sévèrement réglementées, que les contrôles sont permanents et rigoureux, que la haute qualification des investigateurs est une garantie de sécurité. Comme nous n'avons pas de raisons spéciales de mettre en doute ces allégations, nous les tenons pour vraies et nous nous rassurons.

C'est ce que pensaient aussi les Américains jusqu'à un certain mardi de l'automne 1979. Non seulement ils avaient confiance dans les chirurgiens, cliniciens et universitaires qui testaient leurs nouveaux médicaments, mais ils se sentaient protégés par un formidable rempart, qui n'a pas d'équivalent en France: la FDA (Food and Drug Administration).

La FDA est un organisme fédéral qui veille sur tout ce qui concerne l'alimentation et le médicament. Il n'est pas une nourriture, pas une boisson, pas une pilule, pas une poudre qui entre dans la bouche d'un Américain sans l'assentiment de la FDA. C'est elle qui autorise les nouveaux médicaments et en surveille les essais. C'est elle qui définit les protocoles d'expérimentation et en contrôle l'application. Bref, elle a l'oeil à tout et des enquêteurs partout.

Or, ces enquêteurs ont découvert de bien curieuses choses et même des choses bien révoltantes: un certain nombre d'essais de nouveaux médicaments étaient truqués, falsifiés, maquillés. Malgré la vigilance de la FDA, des médecins, et non des moindres, trichaient, mentaient, inventaient. Les faits étaient si graves que la commission sénatoriale chargée de la Santé et de la Recherche scientifique fut alertée. Elle se réunit plusieurs fois, à l'initiative de son président, le sénateur Edward Kennedy, pour entendre les responsables de la FDA.

Mais la séance la plus mémorable fut celle du mardi 11 octobre 1979. Y participaient outre le sénateur Kennedy et un certain nombre de ses collègues, le directeur de la FDA, Sherwin Gardner, son adjoint Richard Cooper, et le responsable des enquêtes pharmacologiques, le Dr Michael Hensley. Ce qui s'est dit, ce jour-là, dépasse l'imagination mais donne aussi à réfléchir. C'est pourquoi nous jugeons utile, et même salutaire, de reproduire ici de larges extraits (en caractères italiques) du compte rendu de cette séance. Ce document n'a jamais été publié en France et on en comprend la raison: il ne faut pas réveiller le chat qui dort, ni une population qui sommeille en toute confiance!

Transportons-nous donc dans un bureau du Capitol. La commission sénatoriale de la Santé et de la Recherche scientifique y est réunie, et la séance s'ouvre sur sur une courte allocution de son président.

Sénateur Kennedy. - «Pour l'ensemble des Etats-Unis, les médecins ont délivré en 1977 un milliard et demi d'ordonnances prescrivant des médicaments, soit une moyenne de sept ordonnances par Américain, homme, femme ou enfant. Nos compatriotes consacrent chaque année environ 16 milliards de dollars à l'achat de produits pharmaceutiques, qui passent pour être les plus sûrs et les plus efficaces du monde. Ils doivent cette

réputation, d'une part à la qualité de nos chercheurs, d'autre part, à la surveillance rigoureuse qu'exerce la FDA et qui empêche tout produit dangereux de parvenir sur le marché. Il arrive cependant que cette barrière protectrice soit contournée par des personnes qui non seulement trompent la confiance des laboratoires qui les emploient, mais mettent en danger la santé de nos concitoyens. Cela est d'autant plus choquant qu'il s'agit de médecins, c'est-à-dire de personnes qui ne peuvent pas ignorer les conséquences de leurs fraudes. Ces fraudes sont-elles fréquentes? Je dirai que certaines d'entre elles sont si graves, si potentiellement dangereuses, qu'il importe peu, en fin de compte, de connaître leur fréquence: le simple fait qu'elles existent est en soi inacceptable. Il y a aux Etats-Unis quelque 2000 cliniciens qui réalisent chaque année environ 12000 essais thérapeutiques. Même s'il n'y a qu'un pour cent de ces essais qui sont falsifiés, cela représente un chiffre énorme et une menace considérable.»

Après ce préambule, le sénateur Kennedy passe à l'ordre du jour, c'est-à-dire à l'examen d'un certain nombre de cas délictueux.

Sénateur Kennedy.- «Comme d'habitude, nous ne donnerons pas de noms; nous nous contenterons de mentionner les numéros des dossiers. Commençons donc par le cas du Docteur 31. Si j'ai bonne mémoire, nous avons déjà parlé de lui l'an dernier. Il avait testé des médicaments pour trois firmes pharmaceutiques: Roche, Knoll, et Endo, et l'on avait découvert que les données qu'il avait transmises à Knoll pour l'essai de son médicament, étaient les mêmes qu'il avait fournies l'année précédente à Endo pour un autre médicament. Il s'était contenté de changer les dates sur les dossiers. Finalement, on s'est même aperçu que toutes ces données avaient été purement inventées. Est-ce exact?»

Dr Hensley.-«C'est exact.»

Sénateur Kennedy.- «Quelles explications le Dr 31 a-t-il données aux inspecteurs de la FDA?»

Dr. Hensley.- «Le Dr 31 leur a dit qu'à l'époque des faits, il était si surchargé de travail qu'il était obligé d'emporter ses dossiers chez lui et de leur consacrer ses rares moments de loisirs. Ainsi, un dimanche, alors qu'il faisait de la barque sur un lac proche de l'hôpital, et qu'il avait pris ses dossiers avec lui pour les compléter à l'occasion d'une halte, l'embarcation avait chaviré et la boîte métallique contenant les précieux papiers avait coulé au fond de l'eau. Il avait essayé de reconstituer de mémoire les données perdues, ce qui l'avait amené à en inventer quelques-unes. Bien entendu, toute cette histoire était, elle aussi, entièrement inventée...»

Sénateur Kennedy. - «Le Dr 31 n'a-t-il pas essayé de surcroît de faire pression sur une infirmière pour qu'elle corrobore ses dires?

Dr. Hensley.- En effet, Mme J., surveillante à l'hôpital de la Veteran's Administration[1] a déclaré à nos inspecteurs qu'à l'automne 1977 le Dr 31 lui avait demandé un entretien particulier. Au cours de celui-ci, qui s'était déroulé dans un bureau de l'hôpital, il lui avait expliqué qu'un enquêteur de la FDA viendrait sûrement la questionner le lendemain matin, et qu'elle devait lui confirmer qu'elle se trouvait elle aussi dans la barque au moment où cette dernière avait chaviré. Il voulait également qu'elle dise à l'enquêteur qu'elle avait vu disparaître dans le lac la boîte métallique contenant des papiers. Mais Mme J. refusa de faire un faux témoignage, ce qui, précisa-t-elle, mit le Dr 31 dans une rage effroyable.»

Sénateur Kennedy.-«Sait-on où le Dr 31 a fait ses études de médecine?»

Dr Hensley.- «D'après lui, à l'université de Saigon. Nous avons évidemment vérifié et, grâce à la Veteran's Administration, nous avons retrouvé la liste des diplômés de l'université de Saigon aux dates correspondantes, ainsi que deux personnes qui avaient fréquenté ladite université à cette même époque. Eh bien, il semble que le Dr 31 n'ait jamais été à cette université. En tout cas, il n'y a pas obtenu de diplôme.»

Sénateur Kennedy.- «Est-on au moins sûr qu'il a fait des études de médecine?»

Dr Hensley.- «Même pas. On sait en revanche, qu'il a envoyé récemment à un membre de l'université de Saigon une lettre dans laquelle il lance un appel pressant: «Si quelqu'un vous interroge, répondez-lui je vous en prie, que j'étais étudiant chez vous.»

Sénateur Kennedy.- «Mais, voyons, il possédait bien une licence médicale pour l'Ohio[2]. Comment, dans ces conditions, est-il arrivé à l'obtenir?»

Dr Hensley.- «Il a tenté l'examen de l'état du Massachusetts une dizaine de fois, mais sans succès. Il a alors passé celui de l'Ohio, plus facile. Une fois son diplôme en poche, il a obtenu sans difficulté une licence pour

exercer en Californie. C'est ainsi qu'il a pu travailler onze ans à l'hôpital de la Veteran's Administration.»

Sénateur Kennedy.- «En résumé, voilà quelqu'un qui n'a jamais fait officiellement d'études en médecine, qui a néanmoins obtenu un diplôme aux Etats-Unis, qui a exercé pendant onze ans dans un hôpital, et qui a falsifié des essais thérapeutiques commandés par trois des plus grandes firmes pharmaceutiques américaines, sans que deux d'entre elles, d'ailleurs, ne se doutent jamais de rien! Avouez qu'il y a de quoi se poser des questions sur le fonctionnement de nos systèmes de contrôle...»

La démonstration de la fraude entraîne l'annulation des visas de commercialisation du médicament en question, la disqualification de l'expert et la dégradation de l'image de marque du laboratoire pharmaceutique. En pratique, là comme ailleurs, ce sont l'argent et l'ambition qui servent de moteur à la fraude. Les experts, en effet, «vendent» de l'information aux labos en effectuant ces tests. Et une étude dite de phase II (déterminant la posologie) sur l'homme se monnaie aux alentours de 200 millions de centimes. Quant à certaines «études pivots» de très grands médicaments, elles peuvent rapporter jusqu'à dix fois plus... La tentation peut être grande pour certains d'empocher le chèque du laboratoire sans réaliser complètement le long et fastidieux travail de l'étude, voire en inventant carrément et l'étude et les résultats.

D'autre part, chaque essai d'un médicament nouveau fait l'objet d'une publication dans des revues médicales. Plus le médicament est original, plus la revue est prestigieuse, et plus le signataire des résultats publiés en tire de la gloire. L'ambition peut pousser certains à acquérir rapidement une réputation scientifique en multipliant les publications de résultats d'essais «vite faits».

Abandonnant le cas du Docteur 31, la commission passe à un autre dossier, celui du docteur 24, psychiatre, qui, entre 1971 et 1978, a étudié douze médicaments pour six laboratoires pharmaceutiques.

Sénateur Kennedy.- «Dans un de vos rapports que j'ai là sous les yeux, vous dites qu'il vous a été impossible de vérifier si les patients mentionnés par le Dr 24 dans ses essais y avaient effectivement participé. Ainsi, pour l'un de ces essais, vous n'avez trouvé aucune trace des consentements écrits qu'auraient dû donner, comme le protocole l'exigeait, les trente et un malades cités. Rien non plus qui prouve que les malades en question aient réellement absorbé le médicament testé; aucun décompte exact des pilules fournies par le laboratoire. Un des prétendus patients se trouvait même au Texas au moment où cette étude était réalisée en Californie! Mieux, vous avez constaté que les analyses biologiques qui accompagnaient l'essai fait en 1977 pour le laboratoire Marion étaient strictement les mêmes que celles qui avaient été fournies en 1976 pour les essais commandés par le laboratoire Winthrop et le laboratoire Upjohn.»

Dr Hensley.- «En ce qui concerne le décompte des pilules, un assistant du Dr 24 nous a expliqué que son patron pratiquait la méthode de la cuvette: il calculait chaque jour le nombre de pilules que ses patients fictifs auraient dû prendre, les prélevait dans les boîtes, les jetait dans les toilettes et tirait la chasse!»

Mais la commission n'est pas au bout de ses surprises. En effet le Sénateur Kennedy demande que l'on procède à l'audition d'un témoin capital: Mme F., la première femme du Dr 24.

Sénateur Kennedy.- «Est-il exact, Madame, que vous avez travaillé pour votre mari, sur des essais de médicaments entre 1970 et 1975?»

Mme F. - «Oui, cela a commencé à l'occasion d'une étude, en apparence modeste, qu'avait commandée à mon mari un petit laboratoire. En fait, le travail s'est révélé beaucoup plus important qu'il ne le pensait, et il s'est aperçu qu'il ne pourrait jamais l'effectuer dans la forme et les délais requis. Il m'a donc demandé, ainsi qu'à ses collègues du State Hospital, de lui donner un coup de main. Pour ma part je devais remplir les fiches des patients, y porter des observations sur leur état de santé, leur comportement, exactement comme l'auraient fait des infirmières. Bien entendu, ces observations, je les inventais... Après cela, la firme pharmaceutique a confié à mon mari une autre étude, beaucoup plus ambitieuse. Je l'ai prévenu que, cette fois, je ne participerais plus à ses combines. Mais, que voulez-vous, nous étions mari et femme, il était débordé de travail, et sa réputation était en jeu. Finalement, j'ai cédé. Il m'a donné une feuille sur laquelle étaient inscrites les principales constantes biologiques: constantes chimiques du sang, numération globulaire, pouls, tension, albumine, etc. Je devais remplir la fiche des patients en attribuant à chacun des chiffres ou des taux situés dans la normale.»

Les protocoles d'essais définissent strictement, entre autres, la durée de l'essai (3 jours pour un hypnotique léger dans les troubles du sommeil, 6 mois pour un

antirhumatismal). Ces protocoles sont le fruit de l'expérience des firmes pharmaceutiques et de l'exigence des autorités de tutelle. Et les médecins hospitaliers très sollicités par les firmes établissent les plannings répartissant sur l'année les différents essais. Certains, prenant du retard, se rattrapent comme ils peuvent...

Sénateur Kennedy.- «Ainsi, aucune analyse biologique n'était effectuée. Votre mari administrait-il au moins le médicament à ses patients?»

Mme F.- «Absolument pas. Comme l'a dit tout à l'heure le Dr Hensley, les pilules que les malades auraient dû prendre chaque jour disparaissaient dans les toilettes. Celles qui restaient à la fin des essais étaient rendues au laboratoire.»

Sénateur Kennedy.- «Et les électrocardiogrammes? Le protocole de l'essai n'exigeait-il pas que figurent dans le dossier de chaque malade un électrocardiogramme réalisé avant le traitement et un autre effectué en fin de traitement?»

Mme F. - «Mon mari est allé voir une femme qui travaillait dans le même hôpital, et dont il soignait le fils. Je ne sais pas quelle histoire il lui a racontée, mais il a obtenu qu'elle lui donne des électrocardiogrammes normaux. Il ne lui restait plus alors qu'à les insérer dans chaque dossier, après avoir enlevé le nom qui figurait dessus et l'avoir remplacé par celui du patient.»

Sénateur Kennedy.- «Et le commanditaire de l'étude ne s'est pas rendu compte du truquage?»

Mme F. - «Non, il n'a rien vu!»

Non seulement le Dr 24 n'a jamais été soupçonné, mais une autre firme lui a confié deux autres études. C'ar le bouche à oreille avait fonctionné: le Dr 24 était apprécié. D'habitude, en psychiatrie, les essais de médicaments sont des nids à problèmes; d'abord, parce qu'il n'est pas facile d'obtenir le consentement des malades; ensuite et surtout, parce que beaucoup d'entre eux abandonnent en cours de route. Or le Dr 24 avait un pourcentage de défections extraordinairement bas. Normalement, cela aurait dû alerter les laboratoires, mais c'est le contraire q si s'est produit: tous voulaient travailler avec lui!

Les médecins experts sont rémunérés à l'acte par les laboratoires. Qui veut tester un anti-cancéreux fera appel à un cancérologue, qui teste un antipaludéen se tourne vers un parasitologue, etc. La firme connaît le «recrutement» de chaque expert, c'est-à-dire le nombre de cas de ces maladies qu'il verra dans l'année.

Souvent les relations de confiance établies au cours des ans interviennent plus que tout autre critère.

Curieusement nous sommes le seul pays au monde où les médecins essayant des médicaments sont inscrits sur une liste d'experts auprès du ministère de la Santé. Mais ce rempart de papier est d'une sécurité toute relative, puisque les officielles autorités inscrivent automatiquement qui en fait la demande sur la liste. Aux Etats-Unis, il faut «simplement» faire la preuve de sa qualification en envoyant à la FDA son CV, ses références bibliographiques, et être «reconnu compétent» par ses pairs(?).

Mme F. - «Pour ces deux nouvelles études, la rémunération était très élevée. Mais plutôt que de se payer des assistants pour faire correctement les essais, mon mari, une fois de plus, s'est adressé à moi à la dernière minute. J'étais alors enceinte et je n'ai pas su refuser...»

Les firmes pharmaceutiques furent si satisfaites du travail fourni par le Dr 24 qu'elles l'envoyèrent dans des congrès médicaux et des réunions de sociétés de psychiatrie pour qu'il y présentât les résultats de ses essais. Il fut même la vedette d'un film documentaire destiné aux étudiants, aux médecins et aux visiteurs médicaux.

Sénateur Kennedy.- «Et que fait votre ex-mari à présent?»

Mme F. - «Il est médecin militaire dans la Navy.»

La commission passe maintenant à l'examen du Docteur 12. Il s'agit cette fois d'un éminent universitaire, exerçant dans l'un des centres médicaux les plus prestigieux des Etats-Unis.

Dr Hensley.- «Le Docteur 12 a réalisé de nombreux essais pour diverses firmes pharmaceutiques. Son cas n'est pas sans rappeler celui du Dr 31, dont nous avons parlé au début de cette séance. J'ai moi-même mené l'enquête, en compagnie d'un autre inspecteur de la FDA, et je puis dire, pardonnez-moi l'expression à propos d'une affaire aussi grave, que nous nous sommes bien amusés. En particulier lorsque nous avons consulté les archives de l'hôpital où le Dr 12 avait réalisé ses essais. Nous voulions simplement comparer les fiches individuelles que le praticien avait remises au laboratoire à l'occasion d'une de ses études, avec les dossiers

médicaux des patients qui étaient censés avoir participé à l'étude en question. Eh bien, le moins que l'on puisse dire, c'est qu'il y avait peu de points communs entre les fiches et les dossiers! Prenons l'exemple du patient n°1. Sur la fiche fournie par le Dr 12, dont voici la photocopie, il est écrit qu'il a subi une incision chirurgicale, suivie d'un drainage, le 31 juillet 1978; sur le dossier de l'hôpital, aucun acte chirurgical n'est mentionné ce jour-là. Sur la fiche, il est indiqué que le 2 août 1978, il a reçu du Tylenol (un médicament contre la douleur) et qu'il a été pris de nausées et de vomissements; dans le dossier, en revanche, il n'est pas question de Tylenol, mais d'un autre calmant formellement interdit par le protocole de l'essai. Mêmes contradictions à propos du patient n°48: sa fiche signale qu'il a été opéré du genou et qu'à cette occasion le médicament testé lui a été administré; sur notre dossier n'apparaît aucune opération, ni du genou ni d'ailleurs, pas plus que l'administration du médicament en question.»

Sénateur Kennedy.- «En somme, le rapport d'expérimentation serait entièrement truqué?»

Dr Hensley.- «Oui, et je puis même vous citer d'autres exemples qui frisent carrément le burlesque. Ainsi, sur la fiche d'un malade, il est indiqué qu'il a été opéré le 13

Les «tricheries» du docteur 16

IDENTITÉ DU PATIENT	OBSERVATIONS PORTÉES SUR LES FICHES DU DR 16	OBSERVATIONS TIRÉES DES DOSSIERS MÉDICAUX
A.A.	• Jamais d'hypertension. • Les analyses d'urine ne révèlent ni albumine ni calculs. • Sur les quatre radios du thorax, on observe un coeur gros et fatigué.	• Des antécédents d'hypertension. • Les analyses d'urine ont révélé la présence de protéines et de quelques calculs. • Les quatre radios du thorax sont normales, compte tenu de l'âge et du sexe.
W.J.	• Pas d'antécédents gastro-intestinaux. • Antécédents d'angine de poitrine actuellement silencieuse.	• Oesophagite chronique. • Angine de poitrine invalidante.
J.S.	• Jamais d'hypertension. • Pas de diabète. • Rien à signaler aux poumons.	• Patient hypertendu. • Diabète traité à l'insuline. • A eu deux embolies pulmonaires.
R.U.	• Pas d'alcoolisme ni de toxicomanie. • Pas d'hypertension. • Pas de diabète. • Aucune maladie de peau. • Antécédent d'infarctus du myocarde actuellement contrôlé. • Radios thoraciques faites le: 28-11-77 12-12-77 02-01-78 23-01-78	• Alcoolique, ancien toxicomane. • Patient hypertendu. • Diabétique sous insuline. • Lupus érythémateux. • Les monographies cardiaques montrent des signes d'infarctus aigu. • Radios thoraciques faites le: 02-11-77 04-11-77 21-11-77 17-01-78
B.J.	• Pas d'antécédent alcoolique grave. • Pas de maladie hépatique en cours.	• Antécédent d'alcoolisme. • Foie très congestionné.

novembre 1978, et que le médicament à l'essai lui a été administré le 16 novembre à midi. Or, sur son dossier médical, nous avons trouvé ceci: après l'opération, les mâchoires du patient ont été maintenues à l'aide d'un fil de fer, le rendant incapable d'avaler quoi que ce soit. De plus, il avait quitté l'hôpital le 15 novembre 1978! Nous avons retrouvé ce malade et l'avons interrogé: bien entendu, il n'a jamais participé à l'expérimentation du nouveau médicament, et sa signature au bas du consentement écrit était, nous a-t-il assuré, un faux. En tout, nous avons vérifié la situation de 57 des malades figurant dans l'étude du Dr 12. Certains n'existaient pas; d'autres n'avaient jamais subi d'opération; d'autres, enfin, avaient bien été opérés, mais à une date différente de celle qui était portée sur leur fiche.»

Sénateur Kennedy.- «En conclusion, quel est votre sentiment sur cette étude?»

Dr Hensley.- «Elle est sans valeur, et ceci est d'autant plus grave qu'il s'agissait d'une étude pivot [3].»

Exit le Dr 12. La commission se penche maintenant sur le cas du Docteur 16. Il s'agit encore une fois d'un universitaire de renom, auteur d'une étude pivot sur un célèbre médicament produit par la firme Pfizer [4], et dont on voulait tester l'efficacité pour une nouvelle indication (d'ordre cardio-vasculaire).

Dr Hensley.- «Un de nos agents avait été pris de doute: les résultats des essais en question lui semblaient trop parfaits, trop en accord avec le but poursuivi, pour être tout à fait honnêtes. Encore fallait-il démontrer la fraude, si du moins fraude il y avait. Nous avons donc pris rendez-vous avec le Dr 16, en lui disant que nous menions une enquête de routine sur les cinq derniers essais qu'il avait réalisés. Il ne savait donc pas ce que nous cherchions, ni si nous avions déjà trouvé quelque chose, mais la perspective de devoir répondre à des questions l'a mis sur des charbons ardents. Il a fini par craquer: il a téléphoné à un fonctionnaire de la FDA pour lui avouer qu'il avait falsifié une partie des résultats de l'étude commandée par Pfizer, ainsi que ceux d'un autre essai. L'enquête a confirmé qu'il avait truqué les radios thoraciques [5] des malades et les comptes rendus qui les accompagnaient. Elle a également révélé, comme dans le cas du Dr 12, des contradictions flagrantes entre les observations portées sur les fiches individuelles des patients sur qui avait été testé le médicament, et les dossiers médicaux de ces mêmes personnes. J'ai consigné quelques-unes de ces contradictions sur un petit tableau que je tiens à la disposition des membres de la commission (voir à la page précédente).»

Sénateur Kennedy.- «Ce brillant faussaire avait publié plus de 200 articles scientifiques, je crois.»

Dr Hensley.- «Exactement 211.»

Sénateur Kennedy.- «Savez-vous si l'un de ces articles contenait des résultats frauduleux?»

Dr Hensley.- «Malheureusement oui. L'étude truquée dont nous venons de parler a fait l'objet d'une publication, de même que l'autre étude que le Dr 16 reconnaît avoir manipulée.»

Sénateur Kennedy.- «Vous voulez dire que des journaux sérieux ont publié ces articles, et que c'est seulement après coup que l'on s'est aperçu qu'ils contenaient des données fabriquées?»

Dr Hensley.- «Oui. J'ajouterai qu'à la suite de notre enquête, la direction de Pfizer a mené la sienne et nous en a communiqué les résultats.»

Sénateur Kennedy.- «Et quels sont ces résultats?»

Dr Hensley.- «Elle a découvert moins de tricheries que nous, mais je crois que son enquête a été faite trop vite, sous la pression des événements. On y trouve, par exemple, beaucoup d'éléments qui ne correspondent pas aux dossiers médicaux des patients.»

Quand un journal médical reçoit d'un auteur un article traitant par exemple de cardiologie, il l'envoie à deux experts cardiologues indépendants, qui jugent de son originalité et de son intérêt. Mais les experts qui acceptent pour un journal la parution d'un article ne peuvent jamais vérifier la matérialité de l'essai. Ils jugent l'article uniquement quant à son contenu et ses idées.

Le cas du Docteur 9, qui est à présent évoqué devant la commission, est encore plus étonnant. Non seulement parce que le praticien incriminé est l'un des plus grands psychiatres des États-Unis, auteur de plusieurs livres et de plus de quatre cents articles scientifiques, mais parce qu'il a réussi à tenir tête à la FDA pendant près d'une dizaine d'années.

Dr Hensley.- «Étant donné son statut professionnel et son renom, le Dr 9 entretenait des contacts privilégiés avec la division de neuropharmacologie de la FDA. Nos

experts le consultaient volontiers, et lui-même trouvait toujours un accueil bienveillant dans notre maison. C'est ainsi que, à la fin des années 60, il avait réussi à se faire délivrer des IND[4] pour plusieurs médicaments, alors que ce genre d'autorisation ne se donne habituellement qu'aux firmes pharmaceutiques qui ont un produit en cours d'étude. Il devenait du même coup juge et partie, puisqu'il expérimentait des médicaments dont, pour ainsi dire, il s'était fait l'impresario. Cette situation ambiguë eut été à la rigueur tolérable si le Dr 9 s'était plié aux règles applicables aux IND, c'est-à-dire s'il avait tenu régulièrement au courant la FDA de l'utilisation qu'il faisait des médicaments provisoirement autorisés. Or, pendant quatre ans, il a fait la sourde oreille à toute demande d'information. En 1974, après une nouvelle réclamation, il a fini par envoyer une lettre de deux lignes, accompagnée d'un article dans lequel il rendait compte de l'expérimentation d'un de ces médicaments sur 300 patients. La FDA, trouvant le procédé plus que cavalier, a exigé par retour du courrier des explications plus substantielles et surtout plus circonstanciées. Le Dr 9 a promis de les fournir dans les plus brefs délais. Nous les attendons toujours...»

Sénateur Kennedy.- «À propos du médicament que vous évoquez, n'a-t-on pas appris un jour qu'il pouvait avoir un effet secondaire redoutable, autrement dit qu'il pouvait tuer les malades à qui il était administré?»

Dr Hensley.- «Si, et le Dr 9 en a été aussitôt avisé. Nous lui avons demandé de restreindre l'usage du médicament et de ne le donner qu'aux malades qui ne pouvaient absolument pas s'en passer. Il a accepté. Mais, un mois plus tard, nous avons reçu la copie d'un message télex envoyé par le fournisseur suisse du médicament: il ressortait de ce texte que le Dr 9 prétendait avoir reçu l'autorisation de la FDA de traiter un nouveau contingent de 100 malades, ce qui, bien évidemment, était complètement faux. Nous avons immédiatement demandé au fabricant de surseoir à l'envoi des nouveaux échantillons du médicament, et nous avons convoqué le psychiatre. Nous ne sommes pas près d'oublier sa visite, qui restera dans les annales de la FDA comme la scène la plus extravagante à laquelle il nous a été donné d'assister. Ayant affrété un avion, il a débarqué à notre siège central de Washington avec tout un lunch, auquel il a convié l'ensemble du personnel du bureau des médicaments et de la division de neuropharmacologie. Il avait aussi amené avec lui l'un des plus célèbres avocats des États-Unis, et, pendant tout le repas, il a multiplié les promesses, les engagements et les assurances.»

Sénateur Kennedy.- «Et, cette fois, il a tenu parole?»

Dr Hensley.- «Pas plus qu'auparavant. Un jour, alors que nous lui avions envoyé une énième lettre comminatoire, il a appelé notre directeur au téléphone, prétendant être dans un studio de télévision à Chicago et le menaçant d'expliquer en direct à tous les Américains que la FDA l'empêchait de soigner ses malades. Après quatre nouvelles années de réclamations, d'admonestations et de mises en demeure', nous avons fini par annuler les autorisations d'expérimentation accordées au Dr 9. Celui-ci, dans un dernier sursaut, a annoncé qu'il allait arriver en hélicoptère sur le toit de notre building, accompagné d'un «commando» de psychiatres, et que, tous ensemble, ils nous feraient savoir ce qu'ils pensaient de l'annulation des autorisations. Une fois encore, c'était, si j'ose dire, des paroles en l'air!...»

Pour la dernière affaire évoquée ce mardi 11 octobre 1979, celle du Dr 30, la FDA produit deux témoins de poids, deux jeunes chercheurs qui ont travaillé avec l'accusé et qui, au bout d'un certain temps, ont été révoltés par sa conduite: Stephen Blythe et Karen Test.

Stephen Blythe.- «J'ai commencé à travailler avec le Dr 30 en juin 1978. Ma tâche consistait à expérimenter sur des rats de laboratoire, et ce n'est qu'épisodiquement que je participais à des essais sur l'homme. J'ai ainsi été amené à étudier un liquide nutritif injectable par voie intraveineuse. Ce liquide était contenu dans de petites bouteilles revêtues d'une étiquette orange sur laquelle on pouvait lire: «Réservé à l'expérimentation animale; pas d'utilisation chez l'homme.» Ce qui m'a tout de suite intrigué, c'est que le Dr 30 faisait systématiquement décoller ces étiquettes par ses employés. Un jour, il m'a demandé, à moi aussi, de décoller les étiquettes en question, mais j'ai refusé.»

Sénateur Kennedy.- «Savez-vous si la solution était effectivement injectée à des sujets humains?»

Stephen Blythe.- «Oui, elle l'était, et tout le monde avait l'air de trouver ça normal.»

Sénateur Kennedy.- «Pouvez-vous nous dire sur combien de personnes elle était expérimentée?»

Stephen Blythe.- «Sur une trentaine ou une quarantaine,

d'après ce que j'ai vu. Mais on m'a dit que cela faisait deux ans que le Dr 30 procédait à de tels essais. Alors... Vers le milieu du mois de novembre dernier, à la demande du Dr 30, Karen a téléphoné au laboratoire Knoll, qui fournissait la solution pour savoir si la date de péremption pouvait être dépassée.»

Sénateur Kennedy.- «Mlle Test, parlez-nous de ce coup de téléphone.»

Karen Test.- «Au cours de la conversation, j'ai précisé tout à fait innocemment qu'il s'agissait d'une utilisation humaine. À l'autre bout du fil, mon interlocuteur a eu l'air profondément choqué: il m'a rappelé que le produit était strictement réservé à l'expérimentation animale, et que c'était écrit en toutes lettres sur chaque bouteille. J'en ai aussitôt parlé à M. Blythe, qui a décidé de contacter la FDA. Pour ma part j'ai prévenu un des pharmaciens de l'hôpital, mais, là, je suis très mal tombée: ce monsieur était au courant de la situation et il m'a averti qu'en cas de visite de la FDA nous aurions, M. Blythe et moi, de très gros ennuis.»

Sénateur Kennedy.- «Le Dr 30 ne menait-il pas parallèlement une expérimentation animale? Vous avez retrouvé, je crois, le double d'une lettre adressée par lui à un fabricant de la solution, et dans laquelle il disait que ses expériences sur les chiens avaient épuisé tout son stock de produit et qu'il fallait d'urgence lui envoyer un lot supplémentaire.»

Stephen Blythe.- «Cette lettre du 1er avril 1977 était un pur mensonge. Je puis vous assurer, Monsieur le Sénateur, qu'il n'y a jamais eu d'expérience sur des chiens. J'ai interrogé le chef de l'animalerie, qui travaillait depuis six ans avec tous les chercheurs de l'hôpital. Il m'a répondu textuellement: «Nous n'avons jamais eu de chiens ici; d'ailleurs, nous n'avons ni la place ni les installations pour les abriter.»

Sénateur Kennedy.- «En somme le Dr 30 a trompé tout le monde. Il a demandé à la FDA l'autorisation d'expérimenter la solution, mais il a bien caché qu'il le ferait sur l'homme. Il a commandé le produit au fabricant en lui faisant croire qu'il allait l'essayer sur des chiens. Il a même berné le comité d'éthique de l'hôpital en changeant le numéro d'enregistrement de la solution, afin que celui-ci ne puisse pas savoir que le médicament en question était suspendu. Pouvez-vous nous dire, M. Blythe, comment s'est terminée cette triste histoire?»

Stephen Blythe.- «Finalement, un officiel de la FDA de Boston est venu faire une enquête. Quant à Karen et à moi-même nous avons donné notre démission.»

Pourquoi diantre tester des solutions nutritives animales chez l'homme? Seule réponse plausible: ces mélanges injectables de protéines, de lipides et de vitamines exactement équilibrées sont destinés à des organismes malades ne pouvant s'alimenter tout seuls, et le Dr 30 a peut-être imaginé que ce qui était bon pour des rats le serait aussi pour l'homme, et qu'il serait ainsi, lui, le «découvreur» d'un nouveau médicament.

Tels sont quelques-uns des cas «scandaleux» qui ont été évoqués au cours de cette mémorable séance du 11 octobre 1979. Ils s'ajoutent à ceux dont la même commission avait déjà été informée un an auparavant, en 1978. Ce ne sont pas moins de 31 affaires que les enquêteurs de la FDA ont dû instruire entre 1977 et 1979. Chaque fois, un médecin expérimentateur avait ou bien falsifié des résultats d'analyses, ou bien violé des protocoles de recherche, ou bien consigné des essais imaginaires, ou bien négligé de demander le consentement des patients, ou bien dénaturé des dossiers de malades, ou bien trompé le comité d'éthique local, ou bien refusé de répondre aux injonctions de la FDA, ou bien, souvent, cumulé plusieurs de ces malversations.

Inutile de dire que tous ces «tricheurs» se sont vu supprimer leur qualité d'experts. Pour certains d'entre eux, la FDA a même recommandé que soient engagées des poursuites judiciaires.

Comment des hommes de science, souvent éminents, occupant des postes importants et jouissant d'un statut enviable, ont-ils pu commettre de tels actes? C'est sur cette grande interrogation que, le mardi 11 octobre, la commission s'est séparée.

À la suite de ces révélations, les autorités fédérales des États-unis ont encore renforcé les systèmes de contrôle et de surveillance. La FDA, en particulier, s'est attelée à une tâche considérable: la définition et la codification de toutes les règles applicables à l'expérimentation thérapeutique. Celles-ci, qui ont désormais force de loi, ont été rassemblées dans un manuel de 120 pages intitulé: *Les Bonnes Pratiques cliniques*. Ces règles sont si nombreuses, si précises, si contraignantes que les firmes pharmaceutiques qui font faire des essais sont maintenant obligées d'employer des «moniteurs», c'est-à-dire des vérificateurs dont la charge est d'assister les médecins expérimentateurs en leur servant à la fois d'aide-mémoire et de pointeurs.

Cela dit, une question vient immanquablement à l'esprit: de telles tricheries sont-elles possibles en France? Non que nous voulions mettre en doute la compétence et l'honnêteté des cliniciens qui, chez nous, expérimentent les nouveaux médicaments; mais les Américains, eux-aussi, pensaient que tous leurs experts étaient à la hauteur de leurs lourdes responsabilités, et qu'il ne pouvait pas exister d'âmes noires chez les blouses blanches. D'autre part, nous n'avons pas, nous, les vigilants limiers de la FDA. Alors?

En France, interviennent dans les essais thérapeutiques: la firme pharmaceutique productrice du médicament (et son employé le moniteur), le médecin investigateur et les patients. Ont également leur mot à dire le comité d'éthique de l'hôpital où a lieu l'expérimentation, et un organisme officiel, la direction de la pharmacie et du médicament au ministère des Affaires sociales. Mais c'est essentiellement à la commission d'autorisation de mise sur le marché, actuellement présidée par un pharmacologue de l'hôpital de Broussais, le Pr J.-M. Alexandre, qu'ont affaire les firmes pharmaceutiques. C'est cette commission qui décide de l'avenir d'un médicament à partir des rapports qu'ont remis les médecins expérimentateurs.

Tous ces acteurs ont des obligations, des devoirs ou des droits. Le fabricant doit s'assurer de la compétence des expérimentateurs et de la matérialité des essais; l'expérimentateur doit respecter le protocole de l'étude et les droits des patients (c'est-à-dire obtenir l'assentiment de ces derniers ou celui de la famille); enfin, la direction de la pharmacie et du médicament doit veiller à ce que l'ensemble des rouages fonctionnent normalement. «Néanmoins, tout le système, de haut en bas, repose sur l'intégrité de l'expérimentateur, car c'est de cette intégrité que dépend la valeur de l'essai», reconnaît le Pr Alexandre.

Or, comment être sûr de cette intégrité puisque, dans notre pays, il n'existe pas d'organisme qui contrôle directement le travail des médecins expérimentateurs, épluche leurs rapports, compare les fiches des patients testés avec leurs dossiers médicaux, s'étonne de résultats trop parfaits, exige des éclaircissements, scrute, soupèse, compulse...

Mais, nous dira-t-on, nous avons, nous aussi, nos barrières de sécurité: il y a la direction de la pharmacie et du médicament, les industriels de la pharmacie, le moniteur de l'étude, la commission d'autorisation de mise sur le marché, et le comité d'éthique de l'hôpital. Examinons donc l'un après l'autre ces prétendus anges gardiens.

• La direction de la pharmacie et du médicament peut, certes, lors de la déclaration d'expertise que tout fabricant doit faire avant que débutent les essais cliniques (sur l'homme) d'un médicament, réclamer des informations supplémentaires sur le protocole envisagé pour l'expérimentation humaine, ou sur la qualification des experts. En fait, la plupart du temps, la direction de la pharmacie et du médicament se contente d'enregistrer les dossiers qui lui sont soumis.

• La firme pharmaceutique a, certes, intérêt à ce que les essais soient réalisés dans les meilleures conditions possibles, par des expérimentateurs irréprochables, car c'est de la qualité des rapports présentés que va dépendre en fin de compte l'attribution de l'AMM (autorisation de mise sur le marché) et donc la rentabilisation des capitaux, parfois très importants, investis dans la recherche. Cependant la façon dont, aux États-Unis, des firmes de l'envergure de Pfizer, Sandoz, Upjohn, Knoll, Endo, Ortho, ont été abusées par des expérimentateurs véreux, en dit long sur la capacité des industriels à juger de la valeur d'un expert – de sa valeur morale surtout.

• Le moniteur est-il un garant sûr? Certes, ce factotum infatigable qui, mandaté par le fabricant, prend contact avec l'expérimentateur, visite les locaux où auront lieu les essais, vérifie le matériel, s'informe de la qualification et de la disponibilité du personnel, explique par le menu le protocole de l'étude, s'enquiert du consentement des patients, compte les pilules, note les résultats, etc., pourrait être un garde-fou efficace contre les erreurs fortuites ou les falsifications volontaires. En fait, ce n'est ni de son ressort, ni de sa compétence. En général, les moniteurs n'ont pas de formation médicale; ce ne sont que des vérificateurs spécialisés, dont le travail consiste, pour l'essentiel, à comparer les documents produits avec le carnet de bord de l'étude. Sans compter que l'éventualité d'un moniteur «ripoux», entièrement à la solde d'un expert «marron», n'est pas à exclure complètement. Le cas s'est produit aux États-Unis, où Bio-Basics, une agence spécialisée dans la surveillance des études cliniques pour le compte des fabricants, a trompé deux grands laboratoires, Ortho et Bristol-Myers, entraînant le retrait de deux médicaments, le Suprophen et le Butorphanol.

Ajoutons toutefois, pour être complet, qu'une tendance se dessine en France en faveur des moniteurs médecins. «Chez MDS-France, explique le Dr Espier, nous avons à la fois des moniteurs «profanes» et des moniteurs médecins. Ce sont eux qui, les premiers, disent si les propriétés observées d'un médicament correspondent à l'action qu'on en attendait.. Quant aux moniteurs non médecins, ils ont en charge le contrôle administratif et technique de l'essai. Ce sont eux qui font respecter à la lettre les différentes étapes du protocole, ce qu'un médecin aurait peut-être scrupule à exiger d'un confrère.

• La Commission d'autorisation de mise sur le marché est-elle un meilleur rempart? Certes, elle connaît bien les médecins expérimentateurs à qui l'industrie fait appel pour les essais importants. «Tout le monde sait qui sont les bons experts, et les moins bons, avoue le Dr Alexandre, ceux avec qui tous les laboratoires veulent travailler, et ceux dont personne ne veut.» Cela ne vous rappelle rien? Mais si, souvenez-vous, aux États-Unis toutes les firmes pharmaceutiques s'arrachaient le Dr 24! Le succès n'est pas obligatoirement synonyme de probité.

• Reste le comité d'éthique de l'hôpital. Peut-il tenir le rôle de vigile vigilante? «L'hôpital n'a pas vocation de faire des essais thérapeutiques, explique le Dr Castaigne, cardiologue au CHU Henri-Mondor de Créteil. C'est avant tout un lieu où l'on soigne. Le médecin hospitalier ne comprend pas toujours la signification des procédures d'expérimentation [1], et il risque de faire capoter un essai par ignorance.»

Ainsi tous nos prétendus systèmes contre la fraude et la tricherie se révèlent en fin de compte inadaptés, voire illusoires [2]. Alors, que faire? Faute d'avoir une FDA, nous pourrions au moins emprunter aux Américains leurs «bonnes pratiques cliniques». D'ailleurs, tous les pays y viennent: le Japon a adopté ses bonnes pratiques en 1984, et la Grande-Bretagne est en passe de le faire. En France, plusieurs laboratoires pharmaceutiques les utilisent déjà officieusement. «À la SANOFI, comme chez nous, révèle M. Pierredon, directeur médical à la filiale française d'Eli Lilly, nous avons déjà mis en œuvre les bonnes pratiques pour certaines études lourdes de gros médicaments.»

Et puis, dans la mesure où l'on semble aujourd'hui s'orienter vers une autorisation européenne — et même mondiale — des médicaments, les bonnes pratiques sont appelées à devenir la méthode commune applicable à toute expérimentation.

Au ministère des Affaires sociales, on est conscient de cette évolution et on s'apprête à aligner notre réglementation sur les bonnes pratiques cliniques. Déjà, en mai 1983 et en septembre 1984, deux instructions ont été publiées, qui peuvent être considérées comme une ébauche des bonnes pratiques en matière d'expérimentation animale.

La première contient un ensemble de recommandations sur la manière de procéder pour réaliser une étude toxicologique de bonne qualité. Il y est question de la méthode, du matériel, des locaux, du personnel qui réalise l'étude, des conditions d'hébergement des animaux.

La seconde concerne la conduite d'une inspection de laboratoire et définit les tâches du pharmacien inspecteur. Celui-ci doit vérifier non seulement la matérialité de l'étude de toxicologie, mais aussi l'état du laboratoire, l'état de santé du personnel, la propreté des locaux destinés aux animaux, les soins qui leur sont apportés pour leur éviter le stress, la tenue des archives, la manière dont sont stockés les lots du médicament à l'étude, etc.

Toute cette revue de détail peut paraître fastidieuse et futile: elle est pourtant la seule véritable garantie de la qualité d'un essai. Pour faire comprendre la nécessité de ces vérifications pointillistes et pointilleuses, le Dr Alexandre emploie une image: «Pour être sûr d'avoir un bon gâteau, explique-t-il, il faut disposer de bons ingrédients, connaître l'origine de la farine et sa composition, mais aussi savoir qui est le cuisinier, quelle expérience il a des gâteaux et comment il maîtrise le four. Il faut également connaître la marque du four, son âge, son emplacement, ses qualités. Il faut encore savoir qui sont les marmitons, quelle recette utilise le chef, où il range le beurre, les poêles, le fouet, etc. Pour les bonnes pratiques cliniques, c'est la même chose. Les produits, le matériel, le personnel, les documents, les locaux, doivent être l'objet d'un examen minutieux, presque tatillon.»

Avec les bonnes pratiques cliniques, on ne peut pas être certain que les résultats de l'essai seront favorables au nouveau médicament, mais, en revanche, on est assuré que l'on a mis toutes les chances de son côté pour éviter les erreurs, les oublis et les malfaçons. Et, qui sait, les bonnes pratiques décourageront peut-être les mauvais experts!

Jean-Michel BADER. Science & Vie, no 826, juillet 1986, pp. 14 à 23.

NOTES

1. Établissement hospitalier réservé aux anciens combattants américains et à leur famille (NDRL).

2. Aux États-Unis, ce sont les États qui accordent les diplômes de médecine, au terme d'un examen qui est plus ou moins difficile selon l'endroit où il est passé. Théoriquement, le diplôme n'est valable que dans l'État qui l'a délivré, mais en fait, de nombreux

États reconnaissent les diplômes décernés ailleurs. Quant aux médecins qui ont obtenu leur doctorat à l'étranger, ils doivent obligatoirement repasser un examen américain (NDRL).

3. Aux États-Unis, comme en France d'ailleurs, les services officiels qui examinent les dossiers soumis par les laboratoires en vue de l'obtention d'un visa pour un nouveau médicament, accordent plus de poids aux études réalisées dans certains centres médicaux de pointe ou par des experts de renommée internationale. Ce sont ces études qu'on appelle des «études pivots». Inutile de dire que les firmes pharmaceutiques n'hésitent pas à payer très cher (on parle de plusieurs centaines de millions de centimes) ces études pivots, sur lesquelles repose souvent l'avenir du médicament (NDRL).

4. Nous avons appris tout récemment, de la bouche de M. Soucaret, directeur de Pfizer France, que le Dr 16 ne serait autre que le Dr. W.S. Arrow, un célèbre cardiologue de la côte ouest des États-Unis. Il travaille au Veteran's Administration Hospital de Long Beach, en Californie. L'article dont parle Michael Hensley au sénateur Kennedy s'intitule *Chronic Left Ventricle Heart Failure*, il parut dans l'*American Journal of Cardiology* en 1977 et s'est trouvé dans le dossier d'enregistrement du médicament (un alpha-bloquant appelé trimazosine), qui n'a finalement jamais été commercialisé en France.

5. Les radios thoraciques permettent de contrôler l'efficacité d'un médicament cardiovasculaire (NDRL).

6. Vu la longueur et la complexité des procédures d'expérimentations des nouveaux médicaments, la FDA accorde une IND (Investigational New Drugs), c'est-à-dire une autorisation d'emploi pour un nombre limité d'indications médicales, et sous réserve que l'administration soit régulièrement informée de l'usage qui en est fait. Ne peuvent obtenir cette autorisation que les médicaments qui ont déjà satisfait à la phase d'expérimentation animale et qui sont en cours d'évaluation sur l'homme. Ainsi, les malades peuvent bénéficier de remèdes nouveaux et rares sans être obligés d'attendre que ceux-ci aient obtenu leur visa officiel (NDRL).

7. La FDA est un énorme organisme bureaucratique, lent à réagir, suivant toujours des procédures compliquées, qui laissent parfois des années de répit aux fraudeurs.

8. Il manque encore, le plus souvent, dans les hôpitaux, des vrais «procès» du médicament, un comité d'éthique local, des médecins hospitaliers au fait de ces essais. Ces essais ne sont pas illégaux; ils sont tout de même fait dans une «semi-clandestinité», et c'est dans un vide juridique proprement aberrissant (en particulier sur des volontaires sains) qu'ils se pratiquent en France.

9. Dans la législation actuelle, seule la commission d'AMM (autorisation de mise sur le marché) a quelque pouvoir de refuser l'autorisation en cas de doute. Mais elle n'a aucun moyen d'enquête permettant de prouver la fraude.

2.2 LA BELLE AU BOIS DORMANT SE MEURT: le valium et le cancer du sein

En juillet 1979, le docteur David Horrobin fut mis à la porte de l'Institut de recherches cliniques de Montréal (affilié à l'Université de Montréal) pour avoir parlé trop ouvertement de sa recherche sur le Valium et le cancer du sein. Après deux ans de travaux en laboratoire, Horrobin disposait de preuves mettant en lumière un lien direct entre la consommation de Valium et le cancer du sein.

Les milieux scientifiques ont levé le nez sur cette inquiétante découverte, ne se préoccupant pas de deux traits primordiaux: le Valium est la drogue la plus consommée par les femmes et le cancer du sein est la maladie qui les menace le plus. Dans la presse francophone, les travaux du Dr Horrobin ont donné lieu à quelques entrefilets et courts articles. *La vie en rose* a voulu en savoir plus long: Francine Pelletier nous livre ici les résultats de l'enquête.

Au cours des vingt dernières années, les tranquillisants sont devenus un phénomène de notre société de consommation. Qui ne connaît pas le Valium? Qui n'en a jamais pris? Mis sur le marché en 1963, le Valium s'est vite taillé une place de choix dans la panoplie des drogues dites «psychotropes» [1]: il est maintenant le tranquillisant le plus recommandé, le plus prescrit et, de tous les médicaments, le plus utilisé. Au Canada seulement, on en avale 6 millions de comprimés par semaine. Médicament à «large spectre», c'est-à-dire qui a plus d'un effet (en plus de diminuer l'anxiété, de détendre, de faire dormir, de procurer un bien-être général, c'est un anticonvulsif et un relaxant de muscle), le Valium a été chaleureusement accueilli par le milieu médical. Surtout parce que, contrairement aux barbituriques ou hypnotiques, il ne pose pas le problème de l'«overdose». Ce médicament aurait donc l'énorme avantage de ne pas tuer le monde quoique bien des femmes ont tenté et tentent toujours de contredire cette affirmation [2]. Car le Valium est la drogue des femmes, celle qu'elles consomment le plus souvent [3]. On estime que 40 % des femmes en Amérique du Nord ont pris du Valium et que 15 à 20% en font usage de façon continue, c'est-à-dire deux fois plus que les hommes. Les femmes auraient donc besoin de valiums pour vivre, sinon pour mourir?

Le cancer du sein: le fléau des femmes

Dans les pays industrialisés, le cancer du sein représente la première cause de mortalité chez les femmes préménopausées. Une femme sur onze en est atteinte et 250 000 en meurent chaque année à travers le monde. Mais le cancer du sein n'est pas seulement le cancer le plus fréquent chez les femmes, il est le plus fréquent de tous les cancers et son incidence est à la hausse. Pourtant, contrairement au cancer du foie, de la vessie,de l'estomac, des os, des bronches, des poumons dont on a identifié plusieurs agents initiateurs, on ne connaît pas la cause du cancer du sein. Car il y a deux grands facteurs impliqués dans le phénomène du cancer: 1) les «initiateurs» ou mutagènes qui produisent des changements irréversibles dans le matériel génétique et qui suffisent à causer le cancer lorsque leur concentration est appropriée et 2) les «promoteurs de tumeur» qui ne causent pas de mutations génétiques et donc, ne causent pas directement le cancer mais qui accélèrent l'effet des initiateurs et engendrent, ainsi, un cancer qui autrement resterait latent. Or, si les cancers officiellement diagnostiqués sont de plus en plus nombreux, on peut croire que les cancers «cachés» doivent être légion.

On ne connaît donc pas l'événement initiateur du cancer du sein. Comme tous les cancers on soupçonne qu'il s'agit de la mutation d'un gène provoqué par un facteur de l'environnement: des études épidémiologiques* indiquent qu'au moins 80 % des cancers humains ont leur origine dans l'environnement [4]. Ce qu'on sait, c'est qu'une prolifération anormale et anarchique de cellules prend alors la forme d'une tumeur -anodine, ferme, indolore- qui détruit les tissus voisins et crée souvent d'autres tumeurs à distance de son lieu d'origine (métastases). Mais le cancer du sein pose un problème de dépistage particulier: il faut sept à dix ans avant de pouvoir déceler un groupement de cellules malignes qui mérite le nom de tumeur. Or, une fois le diagnostic posé, 35 à 60 % des femmes atteintes n'ont plus qu'à se préparer à mourir. Pourtant, on ne s'évertue pas à chercher ni la cause, ni une meilleure méthode de dépistage du cancer du sein: c'est un sujet de recherche qui n'intéresse guère [5].

Cependant, des observations faites sur des femmes atteintes du cancer du sein, permettent de dégager certains facteurs qui prédisposent à cette maladie. Tout d'abord, la production hormonale, puisqu'il y a deux périodes de vie où ce cancer apparaît surtout, autour de la quarantaine et à la ménopause, et que le cancer est d'autant plus fréquent si le cycle menstruel s'est installé précocement ou si la ménopause est tardive. L'importance des

événements hormonaux semble donc décisive. Ensuite, l'alimentation et le mode de vie, puisque ce sont surtout les femmes d'Amérique du Nord qui ont le cancer du sein.

Mais ce ne sont que les facteurs les plus évidents. Il doit sûrement exister d'autres éléments, eux aussi intimement liés à la vie des femmes, pour expliquer la présence de cette forme de cancer. Pourquoi pas le Valium? Comme pour la pilule contraceptive, avalée régulièrement par des millions de femmes depuis vingt-cinq ans et aujourd'hui soupçonnée de favoriser le cancer du sein chez les femmes «prédisposées» [6], on ne s'est jamais donné la peine de vérifier le rapport entre le Valium et l'incidence du cancer avant de le mettre sur le marché. Il faut se méfier des panacées offertes aux femmes: elles coûtent trop cher au bout de la ligne.

La recherche de Horrobin

C'est en étudiant l'action de différentes drogues sur la paroi des vaisseaux sanguins que Horrobin découvrit que le diazépam (nom générique pour le Valium) avait des propriétés semblables à d'autres «promoteurs» de cancer tels la saccharine, l'amiante, les rayons X ou la fumée de cigarette. Etant donné que les femmes sont de grandes consommatrices de Valium et que, par ailleurs, elles sont souvent atteintes du cancer du sein, il chercha à savoir s'il y avait un lien possible entre les deux. Il étudia l'effet du diazépam sur un cancer du sein provoqué expérimentalement chez les rats. Après quatre semaines, les rats qui recevaient l'équivalent d'une dose normale de Valium (5 mg, trois fois par jour) avaient des tumeurs trois fois plus grosses que les rats ne recevant aucun tranquillisant.

L'explication était relativement simple. Le corps étant parfois génialement constitué [7], un cellule «malade» se fait généralement aider par une cellule normale qui lui prête les éléments nécessaires pour se défendre, empêchant ainsi la prolifération de la cellule maligne et donc, le développement d'une tumeur. Le Valium, comme tout «promoteur de tumeur», empêche justement cette coopération métabolique de se faire. Il faut donc croire que le Valium a le pouvoir d'encourager une prolifération de cellules anormales un peu partout dans le corps [8]. Si son effet sur le sein est spécifique et plus redoutable encore, c'est que le Valium empêche aussi une synthèse adéquate des prostaglandines** provoquant ainsi un déséquilibre hormonal et un tel déséquilibre est toujours en cause lorsqu'il y a cancer du sein. Fait assez mystérieux, lorsqu'on double la dose de diazépam chez les rats, non seulement les tumeurs ne grossissent pas mais, au contraire, elles diminuent.

Après deux ans d'études en laboratoire, les résultats de Horrobin ne permettaient pas d'affirmer sans l'ombre d'un doute que le Valium était cancérigène d'une façon ou d'une autre, mais les preuves dont il disposait étaient déjà beaucoup plus significatives que celles qui ont servi à bannir certains produits du marché: par exemple, le Valium est 10 000 fois plus puissant en tant que «promoteurs de tumeurs» que la saccharine. Suffisamment de questions soulevées, de toutes manières, pour vouloir creuser davantage.

Depuis la recherche du docteur Horrobin, onze autres études sur le Valium et le cancer du sein ont été effectuées. Toutes ont confirmé que la consommation de Valium a pour effet d'accélérer ou de mettre en branle le cancer du sein. La probabilité que ces douze observations relèvent du hasard est inférieure à 1 sur 1 billion.

Santé et Bien-être Canada, alerté par le débat provoqué par l'affaire Horrobin, vient d'annoncer qu'il mènera d'ici peu sa propre enquête sur la question. Mais alors que le Dr Ian Henderson, directeur du bureau de contrôle des drogues de ce ministère, avoue que «notre connaissance du Valium est incomplète» et que «la théorie du Dr Horrobin pourrait être valable» (Toronto Star, 16 mars 1981), le docteur Denys Cook du même ministère, mais directeur de la recherche sur les drogues, affirme que «indépendamment des résultats de l'enquête, le gouvernement ne retirera pas le Valium du marché» (La Gazette, 18 mars 1981). Fait intéressant: dans aucun de ces articles il est question du cancer du sein. On parle tout bonnement de cancer, sans préciser. De la recherche scientifique à la médecine jusqu'au gouvernement, nous y perdons notre sexe et fort probablement notre santé.

Première partie des notes

1. Psychotrope: qui relentit d'une façon ou d'une autre l'activité cérébrale. On compte parmi les psychotropes les antidépresseurs, les anti-convulsifs, les analgésiques, les sédatifs-hypnotiques et tous les stimulants du système nerveux central.
2. Le Valium a quand même un effet de «potentialisation»: combiné avec un autre médicament puissant ou avec de l'alcool, il pourrait faire des ravages considérables et même causer la mort.
3. Pour 77,1 % des femmes toxicomanes, leur premier contact avec la drogue constitue une ordonnance médicale pour un tranquillisant quelconque.

4. 300 substances physiques et chimiques ont été identifiées dans les rayons X, la lumière ultra-violette, les goudrons, les fumées, les solvants, les colorants, les protéines des viandes et poissons préparés en grillades.

5. Pour ne citer qu'un exemple, la revue des activités scientifiques de l'Institut du cancer de Montréal pour l'année 1979-1980, nous révèle que presque toute la recherche a porté sur le cancer du poumon. Qui en meurt? Les hommes dans un taux de 20,4 % par rapport à 4,1 % pour les femmes.

6. Voir La Gazette, le 20 avril 81: «Fear of birth control pill risks "high"».

7. Mais pas toujours: le fait que les femmes passent la majorité de leur vie à la remorque d'hormones fluctuantes dans le seul but de les rendre perpétuellement fertiles démontre que la nature n'est pas toujours parfaite.

8. Il semblerait, d'ailleurs, que le Valium soit aussi relié à certains cancers du foie et des reins.

* Études des maladies causées par l'environnement à partir de populations cibles.

** Hormones stimulatrices à action locale, très influent (Sic) dans le cycle menstruel.

ENTREVUE

Diplômé d'Oxford en Angleterre, David Horrobin est venu au Québec en 1976 à la demande de l'Institut de recherches cliniques de Montréal qui lui offrait un poste de directeur de laboratoire, et qui le lui retirait trois ans plus tard. Depuis son congédiement, Horrobin n'a pas été oisif. Il dirige toujours sa propre maison d'édition, Eden Medical and Technical Press, ainsi que sa propre compagnie de recherches, Efamol, dont la fonction principale est l'étude des propriétés curatives de la vitamine F; il projette de mettre sur pied un laboratoire de recherches et poursuit ses études sur le cancer du sein. En plus de tous ces titres de noblesse, il a financé la mise sur pied d'une autre maison d'édition, mais à caractère féministe cette fois: Eden Press Women's Publications.

J'ai rencontré David Horrobin le jeudi 2 avril à Montréal.

LVR: Depuis votre congédiement de l'Institut de recherches cliniques de Montréal, de nombreux «experts» ont déclaré que votre recherche était «peine perdue». Pourquoi le milieu scientifique vous est-il si rébarbatif?

Dr H: La première raison, la plus évidente, c'est que ces «experts» sont des hommes et ils n'y voient aucune implication personnelle. Si j'avais fourni des preuves préliminaires -aussi minces soient-elles- à l'effet que le métal des fermetures éclair accélère le développement du cancer du pénis, je suis sûr que les fonds ne se seraient pas faits attendre. Et puis, ma recherche pose des questions auxquelles la science ne veut pas répondre. Le Valium et ses équivalents font maintenant partie de notre quotidien. Il s'agit d'une industrie de 600 millions de dollars, en Amérique du Nord seulement. Le directeur de l'Institut lui-même, le docteur Jacques Genest, s'est chargé de me le rappeler au moment où je tentais d'obtenir un appui et un financement accrus pour ma recherche. Et il est bien placé pour le savoir, étant l'un des directeurs d'une des plus importantes compagnies pharmaceutiques aux États-Unis, Merck, Sharp et Doehme. D'autre part, s'il y a effectivement un lien entre le Valium et le cancer du sein, presque toute la recherche effectuée ces quinze dernières années sur le cancer est à jeter à la poubelle puisque ces travaux ne se sont pas préoccupés de la consommation de tranquillisants. Or, justement, les cancéreux et cancéreuses consomment d'énormes quantités de tranquillisants. Finalement la médecine est un milieu conservateur par définition: les nouvelles idées sont toujours très mal accueillies.

LVR: Dans le dossier de presse où vous expliquez votre théorie et les enjeux de votre recherche, vous parlez beaucoup de «l'échec des experts». Qu'est-ce que vous voulez dire?

Dr H: Un expert est quelqu'un qui a une compétence particulière. Or, les experts en cancérologie ne savent pas pourquoi le cancer se développe ou quoi faire pour l'enrayer. En ce moment, la recherche dans ce domaine consiste à installer des chercheurs en laboratoire pour qu'ils s'amusent avec des fioles et des rats pendant quinze, vingt ans. C'est devenu une «business» comme une autre mais tous ces gestes et tout ce temps ne visent pas des résultats pratiques. Par vocation, les chercheurs scientifiques sont en retrait de la réalité. Ce sont souvent des introvertis qui n'aiment pas entretenir des contacts avec les gens, qui n'aiment pas non plus qu'on discute de ce qu'ils font. Surtout ce sont des académiciens qui ne pratiquent pas la médecine. Demandez-leur combien de fois ils ont vu quelqu'un mourir de cancer! Il est évident qu'ils ne ressentent pas l'urgence de trouver des solutions au cancer. Ils s'installent confortablement en laboratoire pour y élaborer une même petite idée, qui mérite le titre de recherche «fondamentale» alors que c'est de la recherche appliquée qu'il nous faut. A l'heure actuelle, la médecine ressemble beaucoup à la physique d'il y a cent ans: les théories ne manquaient pas mais

nous n'en connaissions pas les applications pratiques jusqu'au jour où Edison s'est mis à penser à l'électricité, à la radio, etc.

LVR: Situation assez scandaleuse...

Dr H: D'autant plus quand on connaît la corruption du milieu. Tous ces professeurs et chercheurs qui émettent leurs opinions savantes ne disent pas qui a financé leur dernier voyage en Australie ou leur passionnant périple au Japon. Prenez, par exemple, l'histoire de cet éminent chercheur, l'un des plus réputés au Canada pour ses travaux sur le cancer, qui, interviewé par CBC sur la validité de ma recherche, n'a pas hésité à dire qu'elle ne valait pas un clou. Par contre, il a soigneusement passé sous silence le fait qu'il venait de vendre sa méthode de dépistage du cancer à la compagnie qui fabrique le Valium, Hoffman-LaRoche. Il ne faut pas oublier que les scientifiques sont une race à vendre.

LVR: Une fois les résultats de vos travaux rendus publics, la firme Hoffman-LaRoche a riposté, niant l'existence d'un lien entre le Valium et le cancer du sein. Selon elle, vos preuves reposeraient sur des expériences «trop minces», les réactions animales seraient différentes des réactions humaines et les tumeurs «implantées» fausseraient souvent les résultats. Que répondez-vous aux critiques qu'on vous adresse?

Dr H: Ma recherche a respecté les critères scientifiques habituels: mes résultats étaient statistiquement significatifs, je les ai publiés dans les journaux officiels, comme il se doit, et les résultats ont été vérifiés, selon l'usage. Il est évident que les résultats d'une recherche poursuivie pendant deux ans n'ont pas le même poids que ceux d'un travail échelonné sur dix ou vingt ans. En ce sens, je suis d'accord pour parler de «minceur». Mais je ne demandais qu'à continuer... En ce qui concerne la différence entre réactions animales et réactions humaines, et la validité expérimentale des tumeurs implantées, il est vrai qu'on ne doit pas extrapoler trop vite ce qui ressort de ces expériences. Cependant, toute la recherche médicale, la recherche pharmaceutique ainsi que le contrôle des drogues se basent sur l'étude des réactions animales (les tumeurs implantées font partie de ces études). Ce sont les bases mêmes de nos connaissances. Il est vrai que des études épidémiologiques s'imposent de toute urgence, mais j'en ai fait quatre fois la demande et quatre fois on me l'a refusée.

LVR: On semble avoir beaucoup rejeté votre théorie parce que vous avez basé vos expériences sur une consommation relativement basse de Valium, en fait la dose normalement prescrite. Qu'en pensez-vous?

Dr H: Il existe en médecine une règle tacite voulant qu'un effet biologique augmente proportionnellement avec le dosage administré. C'est faux. D'ailleurs, on s'accorde presque universellement aujourd'hui pour reconnaître cette évidence propre au cancer: les substances qui causent le cancer à faible dose l'enrayent ou arrêtent sa progression lorsqu'elles sont administrées à haute dose.

LVR: Vous voulez dire qu'on traite les cancéreux et les cancéreuses avec ce qui leur donnerait le cancer si la dose était diminuée.

Dr H: C'est effectivement le cas des rayons et de la chimiothérapie. Voilà pourquoi d'ailleurs l'histoire de Three Miles Island était si inquiétante: les radiations se répandaient dans l'atmosphère à doses faibles.

LVR: Pourrait-on alors entrevoir le Valium à haute dose comme possibilité de traitement du cancer du sein?

Dr H: Oui et non. Comme pour les rayons et la chimiothérapie, le traitement serait à double tranchant. Si le sein reçoit une forte dose de Valium, d'autres parties du corps vont la recevoir à faible dose. Ou encore, ce qu'on considère comme une forte dose le premier jour devient une faible dose trois jours plus tard. Le risque de développer des cancers secondaires existe donc toujours.

LVR: Pourquoi le milieu scientifique boude-t-il cette autre catégorie d'agents que sont les promoteurs de tumeurs? Ne sont-ils pas tout aussi inquiétants?

Dr H: C'est vrai. Sachant, par exemple, que les rayons du soleil sont cancérigènes, il faut bien se dire qu'il est à peu près impossible d'éviter complètement les substances mutagènes. Or, les études conventionnelles en carcinogénèse ne visent qu'à déceler la cause première d'un cancer. On ne peut donc identifier les promoteurs que s'ils sont administrés conjointement avec une très faible dose d'un quelconque initiateur. Il n'existe tout simplement pas de tests pour la catégorie des agents promoteurs.

LVR: Pas de tests, pas de problèmes?

Dr H: C'est parfois moins simple mais on ferme les yeux quand même. Car, le Valium est sérieusement inculpé à

deux niveaux en ce moment. D'une part, il est généralement reconnu que les produits qui ont des effets tératogènes (qui causent des difformités fatales) ont aussi des effets cancérigènes. Or, récemment, la firme Hoffman-LaRoche s'est vu contrainte d'émettre un avis sur ses bouteilles; le Valium peut causer des bébés malformés. D'autre part, on vient de découvrir que l'oxazépam -déjà reconnu comme causant le cancer du foie- est lui-même produit par le corps lorsqu'on prend des valiums. Pourtant, il est toujours vendu en tant que tranquillisant sous le nom de Serax par la compagnie phamaceutique Wyeth. Rien n'a été fait parce que l'opinion publique n'a pas été alertée. Quant à la communauté scientifique, il ne faut pas compter sur elle: elle est largement irresponsable.

LVR: Votre recherche remet en question certains lieux communs: l'anxiété provoque le cancer, par exemple, ou bien, la grossesse est un antidote au cancer du sein. Deux idées reçues qui concernent beaucoup les femmes. Pouvez-vous expliquer davantage?

Dr H: En effet, le Dr B.A. Stoll en Angleterre a fondé son étude sur l'hypothèse que les femmes déprimées ou angoisées sont plus susceptibles de développer un cancer. Il a remarqué que les femmes qui avaient un cancer du sein avancé ou qui rechutaient avaient été, pour la plupart, des consommatrices de Valium avant le diagnostic et qu'elles consommaient deux ou trois fois plus de Valium après le diagnostic. D'après moi, son équation est trop simple. Il conclut qu'une femme qui prend des valiums doit être déprimée et que, plus elle déprime, plus elle a le cancer.

LVR: Il oublie que toutes les raisons sont bonnes pour prescrire des valiums aux femmes?

Dr H: Oui, mais aussi que le Valium attaque le système nerveux central. Une femme qui prend des valiums est passive, elle n'a pas tellement le goût de se battre pour quoi que ce soit. D'ailleurs, on est tout juste en train de prouver le contraire de la théorie de Stoll. Il semblerait que si on administre un produit cancérigène à un animal et qu'ensuite on lui fait subir un stress de tout ordre -nager, courir, jeûner- le cancer diminue. Si par surcroît on lui injecte du Valium, l'effet du stress se perd et le cancer se développe normalement. En ce qui concerne la grossesse comme antidote au cancer du sein, c'est vrai et c'est moins vrai. On a découvert que si la prolactine (l'hormone lacto-stimuline déclenchée lors d'une grossesse) est activée en bas âge -chez les adolescentes, par exemple- elle semble effectivement protéger ces femmes du cancer du sein plus tard. Mais si, par contre, la prolactine n'est activée qu'au cours de la trentaine, le contraire se produit: les femmes qui ont des grossesses tardives sont plus susceptibles de développer un cancer du sein.

LVR: Vous poursuivez en ce moment des recherches sur le cancer du sein. Où et comment?

Dr H: En Angleterre et en Scandinavie surtout parce qu'il est à peu près impossible de poursuivre de la recherche clinique au Canada. Dans un système où on paie les médecins à l'acte, très peu de gens veulent faire de la recherche car cela paie moins. En ce qui a trait à ma recherche, j'étudie les possibilités de la thérapie nutritionnelle car ni les rayons, ni la chimiothérapie, ni la chirurgie n'ont donné de résultats satisfaisants jusqu'à présent. On arrive parfois à enrayer les tumeurs mais on n'améliore pas le degré de survie des femmes et c'est ce qui compte. Le problème que je rencontre, c'est que les femmes qui ont un cancer du sein ne considèrent pas la nutrition comme un traitement assez radical: elles veulent un traitement sérieux pour leur sérieux problème. Donc, je travaille davantage avec des femmes qui ont des tumeurs bénignes mais qui ont quand même 10 à 15% de chances de développer le cancer du sein. Nous avons maintenant de bons indices que la vitamine E en dose élevée, la vitamine C, le zinc et les acides gras essentiels en dose moyenne, ont des propriétés curatives en ce qui concerne les affections du sein (douleurs, tumeurs, bosses...) et donc, peut-être nous acheminons-nous vers un remède au cancer du sein. Je suis dans la position délicate de faire le pont entre une recherche traditionnelle, officielle, et une médecine plus alternative. Je crois que les deux doivent se faire mais sans entraîner le divorce entre les deux aspects.

LVR: Y a-t-il quelque chose qu'on peut faire, nous?

Dr H: D'après moi, il est de toute première importance que le monde ordinaire ait son mot à dire par rapport à l'allocation des fonds pour la recherche scientifique. Les gens savent ce dont ils/elles ont besoin, la science ne le sait pas. Et depuis toujours, ce sont les femmes qui s'impliquent par le biais des organismes de charité, des services bénévoles, etc. Prenez la Société du cancer du Canada: on y trouve presque uniquement des femmes. Ce sont elles qui trouvent des fonds pour la recherche et les structures administratives existent déjà, tout au moins sur papier, pour qu'elles puissent exercer le contrôle. Mais fidèlement, chaque année, elles remettent l'argent à un comité décisionnel de l'Institut na-

tional du cancer, composé de scientifiques mâles qui en font ce que bon leur semble. La recherche scientifique est dominée à plus de 90 % par les hommes, plus que la médecine encore, c'est bien connu. Ce qui est moins connu -et je crois même des féministes qui se sont beaucoup battues au niveau de la santé et dieu sait qu'il faut le faire- c'est que la médecine d'aujourd'hui reflète la recherche effectuée depuis soixante ans. Donc, c'est une bataille presque perdue d'avance. Nous n'aurions pas tous les problèmes reliés aux anovulants, toutes ces mastectomies, ces hystérectomies, si les femmes avaient été impliquées dans la recherche concernant la contraception, la gynécologie, le cancer du sein. Les femmes, beaucoup plus à la remorque de la médecine que les hommes, doivent tout au moins pouvoir exercer un choix dans ce domaine. Mais quels choix ont-elles vraiment quand on sait à quel point la recherche scientifique, qui gouverne la médecine, est biaisée et confuse? Les femmes qui s'exprimeraient à ce sujet ne pourraient qu'améliorer les choses.

La pilule dorée des femmes au foyer*

Une femme entre dans un bureau de médecin. Elle s'assoit et avoue candidement sa mauvaise humeur, son manque d'entrain. Des maux de tête?... Oui, ça lui arrive. Elle se sent nerveuse et plutôt fatiguée. Les symptômes sont vagues et elle soupçonne qu'elle incommode cet homme sérieux qui d'ailleurs l'intimide. Mais son mari n'a-t-il pas été le premier à dire: «Si tu te voyais la tête... va donc voir un médecin»? Déjà, elle se sent coupable. Ce médecin qui a une idée très précise de la maladie -«une déviation de la norme de variables biologiques mesurables»-, parle de symptômes «psychosomatiques». Peut-être la pense-t-il «émotivement instable» comme bien d'autres femmes qu'il a vues ou qu'il connaît. Les femmes sont, après tout, «normalement» dépressives. Ou peut-être pense-t-il qu'elle n'est qu'une autre victime des temps qui courent. Le temps est à l'angoisse, au stress, aux dépressions; le temps a le vague à l'âme et, en tant que médecin, il est sur «la ligne de feu» pour tous les malades du monde. Il ne dira jamais que tout cela le dépasse. Plutôt, il jouera son rôle jusqu'au bout en lui prescrivant un «calmant». À symptômes vagues et indécis, médicament vague et imprécis. Les maladies chroniques et psychosomatiques ayant ces jours-ci préséance, il ne peut qu'être reconnaissant envers toutes ces drogues nouvelles et toujours plus miraculeuses qui sollicitent son attention et qui, fort heureusement, le sauvent de l'inutilité. Comment ne pas avoir foi en la pharmacologie quand c'est à elle que la médecine doit ses beaux jours.

Prescription en main, cette femme rentrera chez elle déjà un peu consolée par la «maladie» qu'on vient de lui fournir gratis. Pour elle, il est plus facile de se dire «malade» qu'incompétente, folle ou en colère. Douce maladie d'ailleurs, qui ne comporte aucune transgression comme la consommation d'alcool. Mais ne comporte pas, non plus, le plaisir, les sorties, la convivialité qu'on trouve quand on se pacte à la brasserie avec son chum de gars ou qu'on fume du pot avec ses amies. Il y a dans ces rituels un certain pouvoir qui est celui d'enfreindre la norme, celui d'un «savoir non-canalisé». La consommation de valiums, elle, est une maladie de l'oubli, le lot des femmes qui ne savent ou ne peuvent régler leurs problèmes [9].

> • *Je prends des valiums pour protéger ma famille de mon irritabilité. Les enfants sont encore des enfants. Je ne pense pas que c'est bien de leur crier par la tête parce que leurs activités normales me dérangent. Mon mari dit que je réagis trop. Je suis plus émotive que lui. C'est un ingénieur très calme, très rationnel, du moins il le pense. Peut-être que je réagis trop mais ce n'est pas une raison pour que les autres en souffrent. Alors je prends des valiums pour me garder calme. Le calme et la paix. C'est ce que souhaite mon mari parce qu'il faut dire que les enfants l'énervent aussi. Mais lui, il ne prend rien: il explose. Pour lui, c'est correct mais pas pas pour moi. Je lui en ai beaucoup voulu à cause de ça mais j'ai fini par l'accepter. J'attends. Un de ces beaux jours, je vais laisser tout ce bataclan et lui avec. Alors peut-être n'aurais-je plus besoin de Valium.»* [10]

Quand une femme retournera voir son médecin, les symptômes initiaux auront peut-être largement disparus mais, cette fois, c'est elle qui demandera qu'on lui prescrive du Valium. [11] Elle en prend probablement depuis assez longtemps (il suffit de quatre mois) pour développer d'autres symptômes, ceux de la tolérance et d'une certaine dépendance physique: élans de rage, sommeil perturbé, léthargie... Mais surtout la dépendance psychologique qui est la plus grande motivation dans ce cas. Une femme redemandera du Valium indéfiniment parce que ce médicament est devenu le «symbole intégrateur de sa vie». Sans valiums, elle est incapable

d'avoir des rapports avec les gens, incapable de faire l'amour, incapable de dire oui ou non, incapable d'organiser la fête de Noël... Sans valiums, elle n'a aucune sécurité car elle s'en sert pour se couler dans le moule, pour ne pas trop s'écarter du rôle qui lui revient.

«La médicalisation est un choix qui cautionne et consolide cette hyper-adhérence, cette obligation de se conformer au rôle traditionnel des femmes.» [12] En effet, une étude menée en Ontario en 1978 [13] sur l'usage des tranquillisants, conclut que les femmes prennent des valiums pour amenuiser les contraintes qu'elles ressentent dans leur rôle de mère et d'épouse. Pourtant on note que ces femmes sont conscientes que leurs «problèmes» sont davantage d'ordre social que personnel, beaucoup plus que les hommes qui prennent du Valium ou que les médecins eux-mêmes. Elles savent qu'on ne leur prescrit pas des médicaments de la même façon qu'aux hommes et elles ressentent, très justement, une certaine animosité face à leur médecin traitant.

Pourquoi la colère des femmes ne gronde-t-elle pas plus fort? Nous avons vu les horreurs de la thalidomide, les ravages de la pilule contraceptive, les hystérectomies systématiques... et place, maintenant, au cancer du sein. Mais entre notre colère et nous, il y a presque toujours un médecin pour nous tendre la pilule de nos rêves, une thérapie pour nous replonger dans le bien-être originel, un gouvernement pour nous rappeler que les enquêtes se poursuivent à coup de millions et tous ces progrès scientifiques qui n'ont pas fini de nous épater et de nous promettre l'avenir. Le futur nous appartient, si on ne meurt pas avant.

Recherches: Michèle Pontbriand, Francine Pelletier

Deuxième partie des notes

9. Une enquête menée auprès de femmes qui consomment des valiums révèle que celles-ci réussissent très peu dans le domaine du «problem-solving».

10. Cooperstock, Ruth et Lennard, Henry. *«Strains and Tranquilizer Use»*, pour Alcoholism and Drug Addiction Research Foundation, Toronto, 1978.

11. Les médecins soutiennent que ce sont toujours les femmes qui le demandent.

12. Nadeau, Louise. «Les femmes et leurs habitudes de consommation de drogues», dans *Santé mentale au Québec*, publication bi-annuelle, novembre 1979.

13. Étude de Ruth Cooperstock citée plus haut. Il n'existe pas d'étude spécifique au Québec.

• Ce qui suit est tiré d'une entrevue avec Louise Nadeau, consultante pour femmes toxicomanes, et de l'étude de Ruth Cooperstock (*voir réf.*).

Francine PELLETIER. «La belle au bois dormant se meurt: le valium et le cancer du sein» dans La vie en rose, juin-juillet-août 1981, pp. 34 à 39.

2.3 LES BIOTECHNOLOGIES DE LA REPRODUCTION. Au profit de qui? *

La reproduction humaine est de plus en plus manipulée par la science: insémination artificielle, diagnostic prénatal, fécondation in vitro, mères porteuses, banques de sperme, banques d'embryons humains congelés.

Cette expansion n'est pas terminée; le génie génétique permet dès aujourd'hui de couper des gènes et de transporter ceux-ci d'une espèce à une autre. On crée en laboratoire, paraît-il, des souris géantes ou à rayures. La chirurgie enzymatique, ie clonage, la chimie de synthèse se développent à pas de géant. Où tout cela nous mène-t-il?

La Gazette des femmes constitue un premier dossier sur la question afin de lancer le débat. Nous n'en resterons pas là. Nous comptons traiter régulièrement des biotechnologies au fur et à mesure qu'avanceront les travaux du Conseil du statut de la femme dans ce domaine.

* «*Les biotechnologies de la reproduction. Au profit de qui?*» La Gazette des Femmes, été 1985, pp. 12 à 19.

Une révolution biologique

Une femme parle de son prochain bébé: «Je le veux blond, avec des biceps gros comme ça et une santé colossale.» Elle plaisante? Non, elle est seulement un peu en avance. D'ici quelque temps, si les choses vont bon train, on pourra «commander» sa progéniture.

Déjà, on peut se faire inséminer des «oeuvres» d'un prix Nobel ou d'un médaillé de Jeux olympiques, le sperme de quelques-uns de ces surhommes étant disponible aux États-Unis, dans des banques spécialement aménagées à cet effet.

Bientôt les techniques de dépistage génétique permettront de savoir quelles maladies feront leur apparition chez le sujet et vers quel âge. À ce moment-là, les parents pourront se poser une question comme celle-ci: doit-on mettre au monde un enfant qui risque l'infarctus dès sa trentième année?

«À supposer que la petite Sylvie Bernier ait des jumeaux dans un congélateur. À supposer qu'on décide, compte tenu de ses succès sportifs, d'offrir ces embryons au plus offrant...» (Jacques Dufresne, philosophe, essayiste.)

L'avortement sélectif en fonction des caractéristiques de l'individu à naître est déjà une pratique possible. Le biotechnicien montréalais David Roy rapporte que, suite au diagnostic prénatal qui lui indiquait qu'elle aurait un garçon, une dame aurait demandé un avortement sous prétexte qu'elle voulait une fille.

Il s'agit là d'un fait banal qui risque de se reproduire puisque tout en permettant de détecter plus de 200 anomalies chez le foetus, la technique des diagnostics prénatals faits à 12 semaines donne en corollaire l'information concernant le sexe de l'enfant.

Certains avancent qu'à ce compte-là, il n'y aura plus dans l'avenir qu'un nombre restreint de femmes sur cette planète, tout juste le contingent nécessaire à la reproduction de l'espèce. D'autres s'inquiètent de la menace que de tels développements font peser sur l'humanité.

«Les yeux braqués sur l'écran cathodique, on ne soupçonnait pas que dans les laboratoires, on était en train de remettre en cause des choses aussi fondamentales que la maternité et la reproduction de la race humaine.» (Francine C. McKenzie, présidente du CSF.)

De nos jours, en Occident, les révolutions ne se font plus sur les barricades. Elles ont lieu dans les laboratoires où depuis une dizaine d'années, des chercheurs sont en train de pousser un peu plus loin les limites de l'humain.

Il s'agit de découvertes scientifiques capables de bouleverser nos vies. Les femmes, en tout premier lieu, seront touchées par ces opérations du Saint-Esprit, concoctées au-dessus des tubes à essai.

Louise Brown, le premier bébé éprouvette, a aujourd'hui sept ans. Sa naissance a consacré le succès d'une technique, celle de la fertilisation in vitro. On compte aujourd'hui plus de 1 000 enfants dont la conception a ainsi été réalisée dans un laboratoire, quelques jours avant leur implantation dans l'utérus de la mère.

La fertilisation in vitro permet de faire échec à la stérilité. En apparence, c'est là son objectif principal. Mais il existe des conséquences beaucoup plus graves au développement de cette technique. En un mot la fertilisation in vitro donne accès à du matériel génétique.

Supposons que vous soyez infertile et que votre cas

nécessite une intervention. Pour avoir de bonnes chances de réussite, on vous prélèvera cinq ovules qui seront fécondés en laboratoires. On procédera ensuite à l'implantation des trois embryons les plus forts dans votre utérus. Il en reste deux, qu'on congèlera.

Ces petits embryons qui s'accumulent dans les congélateurs n'ont pas fini de faire parler d'eux. On a tous entendu parler de cette histoire des embryons orphelins. Il s'agit d'embryons congelés qui ont été déposés dans une banque spécialisée. Si le couple qui les a engendrés trouve la mort dans un accident, les embryons auront-ils droit à l'héritage que leurs géniteurs, sans enfant, laissent derrière eux?

Tout cela soulève le périlleux problème du statut juridique de l'embryon. À qui appartient-il? Peut-on manipuler impunément ce matériel? Peut-on l'utiliser comme «produit» dans la fabrication de cosmétiques? Un accident de la route aux frontières françaises a permis de mettre à jour, l'an dernier, une exportation de foetus hongrois vers des usines françaises de cosmétiques.

D'autre part, à l'heure où l'infertilité est quasiment perçue comme un drame, l'embryon ne prend-il pas soudainement une grande valeur? Pourrait-il y avoir don d'embryon? Vente? Cette hypervalorisation de l'embryon n'aura-t-elle pas de conséquences sur le droit des femmes à l'avortement?

Aux États-Unis déjà, des cours de justice ont forcé des femmes à subir une césarienne. «De plus en plus, explique Maria DeKonninck, auteure de divers travaux sur la santé des femmes, on se préoccupe de l'enfant à naître aux dépends des droits de celles qui le portent.»

«Parce qu'il est marginal et sans doute passager, je pense qu'il pourrait être prématuré de légiférer sur le problème des mères porteuses. Avant tout, il faudrait examiner le phénomène, lui consacrer des analyses.» (Édith Deleury, avocate, professeure à la faculté de droit de l'Université Laval.)

Ainsi l'apparition des mères d'emprunt ne contribue-t-elle pas à banaliser la maternité? Ne s'agit-il pas d'un phénomène destiné à disparaître puisqu'on prévoit la possibilité de réaliser, dans un avenir pas si lointain, des gestations extra-corporelles dans des utérus artificiels? Est-ce la fin du pouvoir des ventres? Ou le début d'une véritable libération des femmes?

En général, les femmes —du moins du côté des féministes— sont inquiètes des changements annoncés. Déjà, depuis quelques années, elles s'étaient préoccupées de réappropriation du corps et d'humanisation de l'accouchement et voilà qu'on leur présente une éprouvette fumante. «Ne risque-t-on pas une hypermédicalisation de nos fonctions reproductrices?» se demandent-elles.

De fait, une femme qui se soumettra aux techniques nouvellement mises au point devra également se soumettre aux règles établies par le corps médical — règles aussi peu médicales que celles qui empêchent les célibataires d'obtenir une insémination artificielle. Et son corps lui appartiendra déjà un peu moins du fait qu'il est au coeur d'opérations sibyllines comprises trop souvent des seuls médecins.

Par contre, cette personne pourra bénéficier des avantages que les récentes découvertes lui offrent: un problème de stérilité résolu, un enfant d'un conjoint décédé conçu après la disparition de ce dernier. Ça s'est vu en France où Corinne Parpalaix demandait et obtenait l'insémination du sperme de son mari décédé.

En fait, dans cette formidable révolution biologique, les prétendus avantages se multiplient comme des cellules cancéreuses. Les enchères montent non seulement dans l'industrie pharmaceutique mais dans nos propres imaginations.

On appelle ça «la médecine du désir». Voici quelques-unes de ces demandes récemment apparues dans les cabinets gynécologiques, telles que rapportées dans un numéro de janvier 1985 du *Nouvel Observateur*.

— Un couple veut concevoir jeune mais n'avoir l'enfant que plus tard. Il propose une fertilisation in vitro et la congélation de l'embryon jusqu'au moment propice.

— Un homme stérile souhaite qu'on insémine sa femme avec le sperme de ses quatre frères, mélangé dans le même bocal. Et que le meilleur gagne.

— Une lesbienne veut faire implanter son ovocyte fécondé in vitro (avec le sperme d'un donneur) dans le ventre de sa compagne. «Nous serons mères toutes les deux.»

Jusqu'où irons-nous? Jusqu'où les médecins pousseront-ils les frontières du possible?

Jacques Dufresne, philosophe québécois, est préoccupé

par ce qu'il décrit comme «la démesure inhérente à l'entreprise humaine». Consultez l'histoire de l'humanité, dit-il, jamais —ou presque— on a eu la sagesse de renoncer à un nouveau pouvoir.» Selon lui, il suffit de regarder ce qui se passe chez les animaux pour comprendre la portée des travaux présentement effectués en génétique.

Dans les laboratoires de médecine vétérinaire, écrit-il, on pratique depuis quelque temps la division des embryons. Dans un laboratoire du Wisconsin, on a ainsi produit seize taureaux jumeaux. On s'est arrêté à quatre à Saint-Hyacinthe, sans doute à cause de la tradition catholique. Moyennant congélation des embryons, on aura des frères jumeaux d'âges différents, avec tous les avantages commerciaux qu'on peut imaginer. Selon toute vraisemblance, ce «progrès» sera bientôt à la portée de l'espèce humaine. Saurons-nous, voudrons-nous y résister?

«Au Canada et à travers toute la planète, avance-t-il, il ne reste à proprement parler qu'une sorte de vache laitière: la vache Holstein. Cette uniformisation a été réalisée pour répondre à des impératifs commerciaux. Ça a donné un produit de très haut rendement, mais il y a aussi des problèmes. La bête est fragile et doit être médicalisée pour suppléer à ses carences. Et puis imaginons qu'une épidémie frappe la Holstein, c'est toute la population qui y passe...»

«On va pouvoir produire des gens qui vont avoir toutes les caractéristiques voulues pour des vols interplanétaires, donc qui seront peut-être petits, résistants aux radiations... On sera capable de produire des gens en fonction des besoins de la société.» (Raymond Lambert, biologiste, Centre hospitalier de l'Université Laval dans une entrevue à la radio de Radio-Canada.)

Cette tentation de créer un produit parfait, Dufresne pense que l'homme l'étendra à sa propre espèce. C'est la tentation de l'eugénisme que les nazis ont traduit par l'holocauste.

«Ce n'est pas parce que l'idéologie raciste nazie n'est pas dans le décor que l'eugénisme s'en trouve blanchi. Au contraire, le danger, actuellement, c'est de justifier la pratique de l'eugénisme par un contexte idéologique apparemment sain où l'individualisme et le libéralisme constituent les tendances dominantes.» Alors oui, soutient Dufresne, il faut se poser des limites, prendre le temps de faire des choix.

Est-ce que ce n'est pas ce que font ceux et celles qui, par exemple, préconisent l'utilisation des médecines douces? Pourtant, en 1950, tout le monde ou presque était prêt à prendre de la thalidomide puisque c'était «bon pour vous...»

«En 1950, conclut Dufresne, il n'y avait que des moteurs hors-bord. Aujourd'hui, il y a des planches à voile... aussi. Derrière cette évolution, il y a comme un regard critique qui questionne: le progrès est-il vraiment un progrès?»

Hélène de Billy

Le phénomène des mères porteuses apparaît au Québec

Il y a, au Québec, des mères porteuses. Des volontaires qui acceptent de porter l'enfant d'un couple dont la femme est stérile. Ce n'est pas une pratique courante, mais elle existe. Ceux et celles qui refusent de vieillir sans progéniture ne savent toutefois pas à qui s'adresser. Les médecins hésitent. Les législateurs s'interrogent. Et quand l'opération a lieu, la facture est impressionnante.

Me Colin A. Gravenor est bien placé pour en parler. Il sert d'intermédiaire entre les couples et les mères de remplacement. Six de ses clientes sont actuellement enceintes et on peut certes penser que d'autres couples et mères substituts obtiennent pareil service ailleurs.

Combien de bébés québécois seraient nés d'une mère porteuse? «On n'en sait rien au juste, répond Me Gravenor. Peut-être 25, mais c'est un chiffre tout à fait approximatif.» Il n'y a pas de statistiques. Car sans être illégale, la pratique est encore clandestine. Depuis un an et demi, une vingtaine de couples ont fait appel à Me Gravenor. Des couples qui ont en commun le désir d'avoir un enfant et l'impossibilité d'en faire un. La maternité de substitution est leur ultime chance. Et, en soi, le procédé est simple. Le mari de la femme stérile donne son sperme, et on inséminе artificiellement la volontaire qui accepte de mener le bébé à terme.

Le problème des futurs parents: savoir par où commencer et à qui s'adresser. Consigne du silence? Non, mais personne n'est au courant de rien. Pas même les médecins des cliniques de fertilité. Le Canada ne possédant aucune agence de «surrogate mothering» comme il en existe aux États-Unis, force est de s'adresser aux avocats. Du moins à ceux qui veulent bien collaborer.

Les mères porteuses ne courent pas les rues. Pour en dénicher une, le plus simple est de passer par les annonces classées dans les journaux. Me Gravenor a obtenu une soixantaine de réponses à celles qu'il a fait publier dans *La presse*, *The Gazette* et divers journaux universitaires. Elles provenaient en particulier de jeunes étudiantes, au début de la vingtaine. Une soixantaine de mamans potentielles qui, toutes, ont dû passer à travers la batterie de tests: évaluations psychologiques, épreuves d'intelligence, vérification des antécédents médicaux. Sans omettre la très longue liste des questions.

Les femmes sélectionnées ont pour la plupart déjà enfanté. Elles savent ce qui les attend et sont donc plus en mesure d'évaluer la portée de leur décision. Mais le test ultime est la rencontre des trois intéressés. Si le courant ne passe pas, on recommence. Il faut parfois rencontrer cinq ou six candidates avant de choisir la porteuse. Entre la première rencontre avec le conseiller juridique et le jour de l'insémination, il faut compter environ trois mois. Entre temps, les membres du triangle parental auront pris soin de signer un contrat en bonne et due forme. Selon l'expérience de Me Gravenor, et cela dément la croyance populaire, les trois parents entretiennent des liens étroits pendant la grossesse et même, quelquefois, après la naissance.

La rumeur veut que seul les couples riches puissent s'offrir le luxe d'un utérus de secours. «Pas nécessairement, dit l'avocat. Ceux que je rencontre sont pour la plupart issus de la classe moyenne: secrétaire, facteur, infirmière ... La note totale n'excède jamais plus de 20 000$, frais légaux, médicaux et mère porteuse dédommagée compris. Malgré tout, c'est encore beaucoup trop.»

La mère d'emprunt reçoit de 8 000 $ à 12 000 $. La majorité des postulantes seraient-elles motivées par l'intérêt financier? Selon une étude rapportée par l'*American Journal of Psychiatry* (n°140,1983), 89 % d'entre elles exigent une rémunération. Ce qui m'étonne le plus, dit pourtant Me Gravenor, c'est que la grande majorité des femmes ne sont pas motivées par l'aspect pécuniaire. Ce n'est jamais ou presque la considération primordiale. Les justifications les plus fréquentes sont l'assistance à des personnes dans l'embarras ou l'expérience d'une maternité.»

Les gynécologues des cliniques de fertilité sont peu bavards sur le sujet. Le docteur Louis Granger, directeur de la plus grosse clinique du genre au Canada, celle de l'hôpital Maisonneuve-Rosemont, affirme n'avoir jamais rencontré de couples intéressés à cette solution. Que ferait-il le cas échéant? «Je les référerais aux États-Unis», dit-il. Même réponse chez le docteur McCans, directeur du même type de clinique à l'hôpital Royal Victoria. La politique de celle-ci interdit d'ailleurs l'insémination des mères porteuses. Fait curieux, au même endroit, on insémine des femmes dont le mari est stérile, du sperme de donneurs anonymes...

Les spécialistes du Centre hospitalier de l'Université Laval (CHUL) à Sainte-Foy ont, pour leur part, reçu quelques demandes. «Mais ça ne nous intéresse pas», affirme le docteur Diogène Cloutier. Considérations morales? «Non, non, pas du tout. Mais vous savez sur le plan éthique... C'est un peu comme si vous teniez le sac lors du cambriolage...»

L'année dernière, l'Association médicale canadienne a informé ses membres des «risques» moraux et légaux qu'ils pourraient courir. De toute évidence les médecins, même les plus sensibilisés au problème de la stérilité, hésitent à s'impliquer. Conservatisme? Peut-être. Mais tout laisse croire que l'insémination artificielle des mères substituts s'effectue beaucoup plus en cabinet privé qu'en clinique d'infertilité.

Si la maternité d'emprunt vient déranger nos valeurs morales, elle cause aussi des remous dans le domaine juridique. Qu'adviendrait-il, au plan légal, si la mère porteuse refusait de donner le bébé aux parents «adoptifs»? Et si elle exigeait du père une pension alimentaire? Ou si, au contraire, les parents refusaient tout à coup d'adopter le nouveau-né?

Au Canada, la Commission ontarienne de réforme du droit devrait remettre sous peu un rapport sur le sujet. En Angleterre, le rapport Warnock a recommandé à la justice britannique de tenir criminellement responsable toute agence qui faciliterait la maternité de substitution. «Totalement inacceptable au point de vue éthique», con-

clut-il. En France, on a réagi de la même façon et deux groupes de femmes se sont formées pour revendiquer le droit de faire porter par une autre l'enfant qu'elles veulent.

Me Gravenor ne croit pas à la nécessité de modifier la loi canadienne: «Il n'y a qu'un point à changer dans la jurisprudence actuelle. C'est celui qui refuse à la mère légale le droit d'adopter l'enfant.» Selon lui, si jamais problème il y a, il émanera de cet article de loi. Pas des parents ou de la mère porteuse.
Il n'en subsiste pas moins bon nombre de questions.

Comment, par exemple, la mère adoptive réagira-t-elle devant cet enfant qui n'est pas le sien génétiquement parlant? Et cet enfant qui aura deux mères? Et cette femme qui aura prêté son utérus? Peut-être voudra-t-elle, quelques années plus tard, récupérer l'être à qui elle aura légué son bagage héréditaire? Bref, beaucoup plus de questions, encore, que de réponses...

Linda Baril
Linda Baril est une jeune journaliste. Son texte a été soumis au concours de journalisme du Devoir qui l'a publié le 10 mai 1985.

La fécondation in vitro au Québec

Juillet 1985 — C'est ce mois-ci que doit naître le premier bébé éprouvette conçu au Québec. Il s'agit du quatrième enfant canadien issu d'une fécondation in vitro.

En mai dernier, l'équipe Rioux-Lambert du Centre hospitalier de l'Université Laval (CHUL) annonçait qu'une deuxième fertilisation in vitro avait été obtenue à Québec et que la naissance était prévue pour la fin de novembre ou le début de décembre.

Le Québec et la Canada commencent tout juste à maîtriser cette forme de biotechnologie qu'est la FIV (fécondation in vitro). Ailleurs dans le monde — aux États-Unis, en France et en Angleterre pour ne citer que ces pays —, plus de mille enfants sont déjà nés suite à l'utilisation de cette méthode.

C'est après 125 échecs que l'équipe Rioux-Lambert du CHUL réussissait à provoquer la fécondation en éprouvette d'un ovule et d'un spermatozoïde ainsi que la transplantation de l'embryon dans l'utérus de la mère. D'autres cliniques d'infertilité telles que celles des hôpitaux Royal-Victoria, Maisonneuve-Rosemont ou Sainte-Justine sont également sur le point d'obtenir des résultats.

Comme chaque essai comporte la fécondation de plusieurs ovules, il est possible d'obtenir à chaque fois plus d'un embryon à transplanter. Il semble cependant qu'aucun embryon excédentaire n'ait été jusqu'à maintenant fécondé au Québec par la technique de la FIV et qu'il n'existe pas (ou pas encore...) de banque de congélation d'embryons humains.

La fécondation in vitro exige des ressources considérables et la formation de spécialistes qui vont généralement acquérir leur formation à l'extérieur du Québec. Ainsi, le docteur Louis Granger, de l'hôpital Maisonneuve-Rosemont, a-t-il étudié durant trois ans l'application de la FIV aux États-Unis. Il compte maintenant répondre aux besoins de 260 couples en liste d'attente pour une fécondation in vitro à la clinique de cet hôpital. Du côté hospitalier, la fécondation en éprouvette et la transplantation d'embryons demandent des équipements sophistiqués et la disponibilité (vingt-quatre heures par jour, sept jours par semaine) d'une équipe spécialement formée. Quant à la femme qui se soumet à ce traitement, les contraintes ne sont pas moindres: pendant une longue période de temps, elle doit se présenter tous les jours à l'hôpital afin de se soumettre à des examens de contrôle.

Quelles sont les raisons qui amènent à demander une fécondation in vitro? Il s'agit d'une ultime tentative pour vaincre l'infertilité lorsque celle-ci est considérée comme irréversible. L'infertilité, qui touche environ 20% des couples, est causée dans un tiers des cas par l'obstruction des trompes : la rencontre de l'ovocyte et des spermatozoïdes ne peut avoir lieu. Jusqu'à présent, c'est surtout par la micro-chirurgie qu'on essayait de corriger l'obstruction tubaire. Mais lorsqu'il y a échec de la chirurgie, la fécondation in vitro apparaît de plus en plus comme une solution thérapeutique.

Manon Boisvert

Pourquoi le CSF s'intéresse-t-il aux biotechnologies de la reproduction

Parce que la recherche en ce domaine est insoupçonnée;

Parce que les pratiques se répandent; celles du traitement de la stérilité, celles du diagnostic prénatal, celles de la procréation artificielle. Une expansion silencieuse, forcément puisqu'il en va de l'intimité des couples et de celle des donneurs de sperme ou des donneuses d'ovocytes;

Parce que le développement de ces technologies ressemble comme un petit frère à celui des autres technologies. Il s'inscrit dans la dynamique du «progrès» voulant que ce qui est possible devienne nécessaire, d'où la prolifération de nouveaux besoins. Du besoin au droit, il n'y a qu'un pas. On parle déjà du droit d'avoir un enfant parfait, au nom de la qualité de la vie, semble-t-il. Verra-t-on surgir celui de choisir le sexe de son enfant, de choisir son phénotype (mince aux yeux bleus), son génotype (maladie héréditaire: aucune; bosse des maths garantie...)? Collectif, l'eugénisme était une horreur. Individualisé, on dirait qu'il prend du chic;

Parce que les biotechniciens de la reproduction, hantés par le désir de réussir, pour répondre au besoin, ne sont pas naturellement enclins à se poser des questions sur les orientations de ce développement, sur les limites du recours aux artifices, sur les conséquences de leurs interventions.

Or, il se trouve que ces questions concernent éminemment les femmes. Les généticiens peuvent toujours «aider Dieu» à faire des enfants, mais, jusqu'à preuve du contraire, ils auront besoin de nous.

«Tiens, tiens, la maternité vous intéresse? On croyait que c'était plutôt l'avortement...» Eh bien oui imaginez-vous! La maternité nous intéresse au point de ne pas perdre le pouvoir de contrôler nos corps aux mains des experts et des chercheurs.

«Mais vous étiez prisonnières de vos corps, c'est la médecine qui vous a libérées»[1]. Soit, la médecine a beaucoup fait: moins d'enfants meurent à la naissance et moins de femmes en accouchant. Nous convenons que la contraception est aussi un recours aux artifices. Mais elle a eu ses Illitch et nombre de groupes de femmes pour promouvoir les mesures douces. Du mouvement pendulaire se dégagent des positions médianes qui pourraient, dans le cas présent, nous permettre de demeurer dans les limites de notre condition humaine en usant avec sagesse et circonspection des moyens hors nature.

Il faut voir si on n'est pas en train de médicaliser le désir d'avoir un enfant, s'inquiéter de ce qu'on entend faire des embryons humains congelés, s'interroger sur les conséquences de l'anonymat des donneurs. L'enfant n'a-t-il pas le droit de connaître ses ascendants? La vague des «retrouvailles» pour les enfants adoptés vient-elle se briser sur la bouée de l'insémination artificielle?

Quand on en est à la location d'utérus, quand d'aucuns associent déjà les mères porteuses aux nourrices du siècle dernier, quand on lit, dans *Le Monde* [2] que même des femmes fertiles pourraient recourir aux mères porteuses — avis aux sociologues: il y aurait les femmes aisées assumant la grossesse et les autres, la déléguant—, on ne peut plus se contenter de regarder le train passer.

«Ne vous inquiétez pas, ma petite dame; faites confiance aux experts.» Et faites confiance au progrès; de toute façon c'est comme l'ordinateur: on ne peut l'arrêter. Et puis, il faut être tolérant...

Est-ce à dire qu'on doit tout acheter? Et d'abord s'agit-il vraiment de progrès? J'espère qu'on nous permettra d'en juger, après examen. Et qu'on acceptera que, de l'une à l'autre, nos jugements sur toutes ces questions puissent varier.

Il n'est pas dans l'intention du Conseil d'en arriver à décréter une orthodoxie dans un domaine aussi délicat à tous égards. Nous souhaitons identifier et situer un certain nombre de questions fondamentales, faire la lumière sur les pratiques qui se répandent ici au Québec, dégager des problématiques en associant les femmes à notre réflexion, diffuser les résultats de nos études et proposer s'il y a lieu certaines législations.

Le tout dans une approche féministe, puisqu'il s'agit des moyens à prendre pour enfanter; en même temps qu'humaniste, parce que l'ampleur de l'enjeu concerne l'intégrité de toute l'espèce humaine dans une de ses fonctions premières: celle de la reproduction.

Francine C. McKenzie
Présidente du Conseil du statut de la femme

1. SHORTER, Edward. *«Le corps des femmes ou l'histoire d'une libération»*, L'Actualité, juin 1985, pp. 12 et 19.

2. Le Monde, 22 mars 1985, p.13.

2.4 HISTOIRES DE COBAYES HUMAINS*

Des volontaires font, partout en France, l'objet d'expérimentations cliniques à l'instigation des laboratoires pharmaceutiques. Une pratique officiellement reconnue, même exigée, mais qui n'ose pas s'avouer publiquement. Notre enquête apporte les premiers témoignages directs et un premier sondage auprès des expérimentateurs.

La naissance d'un médicament est une opération laborieuse. Toute nouvelle substance à prétentions thérapeutiques, dont les auteurs préconisent l'emploi chez l'homme, doit se soumettre à une série de tests. Essais analytiques: on cherche sur des modèles animaux, cellulaires ou même mathématiques à s'assurer, par exemple, de la solidité des forces de liaison chimique de la molécule synthétisée avec les molécules vivantes auxquelles elle devra s'associer chez le malade. On vérifie que les composantes du produit répondent aux normes de la pharmacopée française, sur un nombre de points: réactions d'identité, de pureté, de teneur en principes actifs, de conservation. L'étude toxicologique détermine l'innocuité de la substance dans les limites de l'utilisation recommandée. L'examen pharmacodynamique mesure sa concentration dans le sang selon différents modes d'administration, son affinité pour les protéines plasmiques, son absorption par les tissus gras ou aqueux. L'analyse pharmacocinétique précise sa durée de vie dans l'organisme.

Et puis, vient l'expérimentation clinique, où l'homme en personne —un volontaire sain ou un malade— devient un banc d'essai du médicament. Une étape nécessaire, nul ne le conteste, dans le processus de validation d'un remède. Et qui devrait être d'autant plus sévèrement contrôlée et réglementée qu'elle est le passage obligé de tous les produits médicamenteux vers leur homologation officielle. Or, précisément comme l'expérimentation humaine est un problème moralement gênant, nos législateurs n'ont jamais eu le courage de l'affronter en face. Aucun texte ne régit en France les essais de médicaments sur les sujets humains. Il existe bien un «Code de bonnes pratiques cliniques», établi par le Comité national d'éthique au sein de la Direction de la pharmacie et du médicament (DPHM), qui dépend du ministère de la Santé. Mais ce code, s'il s'exprime en bons préceptes, n'a pas le moindre pouvoir contraignant sur les laboratoires pharmaceutiques ou sur les médecins cliniciens. Le vide juridique en la matière est complet.

Les volontaires surtout, les malades souvent, sont mal protégés contre les abus. Les essais sont en effet réalisés dans des conditions fort aléatoires d'un hôpital à l'autre. Chaque établissement ne possède pas son Comité d'éthique local, comme il le devrait, et même quand il existe,ses recommandations peuvent être diversement interprétées par les médecins expérimentateurs, selon leur sens individuel de la responsabilité morale. Entre le Dr Schweitzer et le Dr Mengele, entre le saint homme de Lambaréné et le satanique apprenti sorcier d'Auschwitz, il y a de la place pour bien des choix de conscience parmi les praticiens.

Le médicament est un produit à double versant. Côté face: la mission thérapeutique, guérir, soulager, prolonger la vie. Côté pile: la course après le profit. Deux valeurs —Hippocrate contre Mammon— qui, sans s'exclure mutuellement, font mauvais ménage. L'expérimentation humaine en médecine est un des enjeux de cette ambiguïté.

Les essais thérapeutiques sur l'homme sont commandités par l'industrie pharmaceutique. Ils sont pratiqués par des médecins qui ont qualité d'experts. Leurs résultats présentés par le laboratoire créateur du produit, sont étudiés par la Commission d'autorisation de mise sur le marché (AMM) du ministère de la Santé, qui décide si le nouveau médicament mérite d'être commercialisé.

L'expérimentation médicale sur l'homme est un sujet qui n'est pas traité ouvertement en France, aussi n'existe-t-il pas de statistiques officielles sur la question. On exploite vraisemblablement quelques 100 000 cobayes humains par an, dont 92 000 malades et 8 000 volontaires sains.

Les essais sur cette dernière catégorie de sujets ne sont soumis, chez nous, à aucune réglementation formelle. Ils sont pourtant menés tout à fait couramment dans les centres hospitaliers et à la demande de sociétés de service privées —organismes appelés pudiquement «partenaires de l'industrie pharmaceutique», répertoriés dans l'Annuaire de l'industrie pharmaceutique en France sous la dénomination d'«Agences de développement de produits et d'études cliniques». Il s'agit en fait de cabinets spécialisés qui, agissant comme intermédiaires entre les laboratoires industriels et les hôpitaux, dressent les protocoles d'expérimentation auxquels le médecin devra se tenir pendant l'étude du

médicament. Au terme de l'étude, ils se chargent de faire analyser les données, de rédiger les rapports qui seront envoyés au ministère. Ils ont surtout comme clients les petits laboratoires qui n'ont pas les moyens de se payer leur propre service spécialisé pour ce genre de démarches.

Le paradoxe — et l'hypocrisie — font que les résultats de ces expérimentations, dont on ne veut pas parler et sur lesquels on n'ose pas légiférer, doivent obligatoirement figurer au dossier présenté pour examen à la Commission d'AMM. Ainsi, le ministère de la Santé cautionne, et même rend impérative, une pratique qui n'est l'objet d'aucun contrôle sur le terrain, ni au plan humain, ni au plan scientifique, ni au plan financier.

Huit mille volontaires, qui n'ont aucune affection pathologique traitée par le médicament, se prêtent chaque année à ce jeu. Pour de l'argent, bien sûr, payé en liquide, de la main à la main. On se passe les bonnes adresses de bouche à oreille: les hôpitaux Cochin, Saint-Lazarre, Boucicaut, les sociétés de service Thérapharm, Pragmapharm International, Pharmédis. Les candidats sont très souvent recrutés dans le milieu étudiant, surtout parmi les carabins, en contact avec les médecins hospitaliers qui leur proposent l'affaire.

Voici le témoignage que nous a rendu un «mercenaire» de l'expérimentation pharmaceutique, aujourd'hui médecin: «Pendant trois jours, à l'hôpital, on m'a gardé toute la matinée. L'exercice consistait à m'enfoncer une sonde gastrique dans le nez, qu'on me laissait trois heures d'affilée. Au début de la séance, on me faisait prendre un médicament, peut-être une nouvelle formule d'antiacide mais je n'étais pas censé le savoir. Toute les dix minutes, une infirmière injectait dans la sonde 50 à 100 milligrammes d'eau glacée. Elle repompait chaque fois le liquide à fin d'analyse avant de m'envoyer une nouvelle dose d'eau glacée dans la narine. J'ai eu droit en tout à cinquante-quatre répétitions de ce manège. Salaire de la souffrance: 1 000 francs. Une fortune pour un étudiant sans le sou.»

Aux États-Unis, pour certains médicaments très actifs qui comportent un risque d'arrêt cardiaque ou respiratoire, les volontaires sont obligatoirement hospitalisés dans des services spéciaux, conçus pour ce type d'essais, efficacement équipés pour la réanimation d'urgence. Exemple : Le Baylor Institute, à Houston au Texas. En France, aucune réglementation ne force les expérimentateurs à prendre des dispositions de sécurité particulières. Ni les volontaires, ni d'ailleurs les médecins qui pratiquent l'essai ne sont couverts par une assurance.

À Marseille, il y aurait eu un mort au cours d'un essai de phase I (voir encadré: Les quatre examens de passage d'un médicament). L'enquête s'est heurtée à un mur de silence opaque, comme chaque fois dans ces cas-là. S'il existait des textes clairs pour définir les obligations et les droits des participants, il y aurait transparence, les accidents seraient déclarés. On pourrait attribuer des responsabilités ou disculper les innocents. Les parents qui voudraient porter plainte auraient accès au dossier. Au lieu de cela, on continue d'agir dans la clandestinité officielle, dans une illégitimité de droit.

LES QUATRE EXAMENS DE PASSAGE D'UN MÉDICAMENT

On classe les expérimentations en fonction de l'étape de l'étude du médicament.

Essais de phase I. Presque toujours réalisés sur des volontaires sains, ils permettent de déterminer les doses administrables par la suite (recherche de la tolérance) et d'ébaucher l'étude du devenir métabolique et pharmacocinétique de la substance.

Essais de phase II. On cherche à déterminer les indications et les posologies optimales du médicament, à émettre des hypothèses qu'on tentera de confirmer ultérieurement. Ces essais s'effectuent généralement sur des effectifs limités de malades, aussi homogènes que possibles, avec des administrations limitées dans le temps.

Essais de phase III. Souvent les effectifs sont plus importants, les malades plus variés, les administrations plus longues. Le but est de prouver l'efficacité et l'intérêt du médicament (souvent comparé à d'autres traitements par la méthode du double aveugle) dans des conditions aussi proches que possible de la réalité pour obtenir des résultats extrapolables aux futurs malades.

Essais de phase IV. Ils ont très peu de liens avec la commercialisation du médicament. En principe leur rôle est d'étudier ce médicament dans les conditions usuelles d'administration et de rechercher d'éventuels effets secondaires rares (pharmacovigilance). Mais un certain nombre de ces essais sont détournés de leur but et servent plutôt à habituer les médecins à prescrire le médicament en question. Même chose avec les «essais multicentriques», qui sont réalisés par des dizaines, voire même des centaines de médecins. Très peu d'entre eux ont des fondements scientifiques sérieux. Mais ils permettront ultérieurement de vendre le produit avec argumentation de choc à l'appui: «Docteur, une centaine de vos confrères l'ont déjà essayé. Alors, pourquoi pas vous?»

Les laboratoires pharmaceutiques promoteurs de telles expérimentations vivent dans la hantise d'un accident, car ils ne sont pas garantis légalement, alors que leur ministère de tutelle exige de connaître les résultats des études cliniques avant d'agréer un médicament pour la vente.

Quand il s'agit d'une molécule véritablement originale, aux effets bénéfiques majeurs, et qui apportera un progrès réel à la thérapeutique, l'essai clinique bien réglementé est justifié: lui seul permet en fin de compte de préciser l'efficacité, les conséquences secondaires, la toxicité d'un produit avant sa commercialisation. Mais le plus souvent on est en présence d'une formule mille fois ressassée, le énième plagiat d'une spécialité existante à laquelle on a ajouté trois pinces de poudre de perlimpinpin et un grain de papavérine pour lui donner une allure de neuf. Une substance d'intérêt scientifique nul, qui sert uniquement des objectifs de marketing. Engager des essais humains à son propos, quel abus!

Cela ne concerne pas la Commission d'AMM, dont la seule responsabilité est de juger la qualité méthodologique et scientifique des résultats de l'expérimentation. Sta-tuer sur le bien-fondé du produit n'entre pas dans ses attributions. Les palmarès annuels décernés par la revue indépendante *Prescrire* sont édifiants à cet égard; ils portent sur l'intérêt thérapeutique des médicaments qui sortent dans le commerce. De 1981 à 1986, seul un remède a mérité l'appréciation «bravo»; 17 sont jugés «intéressants», «35 apportent quelque chose», 73 sont «éventuellement utiles». En revanche, 205 médica-ments, soit près des deux tiers, «n'apportent rien de nouveau». Ce qui ne les a pas empêchés d'obtenir du ministère de la Santé l'autorisation de mise sur le marché, ni d'avoir été dûment expérimentés sur l'hom-me. S'ils n'apportent rien de nouveau à la thérapeutique, ils apportent par contre de l'argent aux firmes qui les inventent.

Un argent qui obscurcit beaucoup l'atmosphère des essais cliniques, où n'existe aucune transparence dans les transactions financières. Entre les laboratoires et les médecins expérimentateurs, tout se passe de la main à la main. Les derniers reversent généralement ces «honoraires» à quelque association de la loi 1901 qu'ils ont spécialement créée à cet effet. Plusieurs fois dénoncée, notamment par la Cour des comptes, la pratique illégale de la «caisse noire», approvisionnée par l'argent des laboratoires, reste très largement en vigueur dans les services hospitaliers.

Autre anomalie: les examens supplémentaires occasionnés par les expérimentations sont presque toujours à la charge, non pas du laboratoire privé qui a commandé les essais, comme il serait juste, mais de l'hôpital, autrement dit de la Sécurité sociale, c'est-à-dire du public. Même situation «en ville»[1] les analyses médicales, les consultations plus fréquentes que nécessitent les expérimentations sont remboursées par la Sécurité sociale, alors que les coûts devraient être supportés par l'industrie pharmaceutique.

Les malades qui servent — gratuitement — de cobayes dans ces essais n'en subissent que les inconvénients: prélèvements sanguins, radiographies, échographies, ponctions lombaires, cathétérismes cardiaques, analyses d'urine, prises de tension répétées —autant d'examens contraignants, parfois douloureux, qui ne s'imposeraient pas, du moins à pareilles doses, si les malades n'étaient pas utilisés comme sujets d'expérimentation.

Mais savent-ils seulement qu'ils le sont? D'après les recommandations du Comité national d'éthique, les médecins doivent informer les patients et recueillir leur «consentement éclairé» avant de tester sur eux une substance nouvelle. Ils «doivent» le faire, sans toutefois y être obligés puisque le pouvoir de la dite instance, créée en 1984, se limite à une fonction consultative et que sa seule influence est de nature morale.

Aucun représentant des malades ou des usagers de la santé ne siège dans les Comités d'éthique locaux, comme chaque hôpital devrait en réuniz un, ce qu'il ne fait pas toujours. Bien entendu l'inexistence d'un tel Comité dans un hôpital ne dispense pas les médecins de l'établissement d'agir humainement. L'existence d'un Comité au niveau local, par ailleurs, n'est pas une garantie totale de soumission à la loi morale. Ces Comités, appelés à donner un avis préalable sur la bonne cause des expérimentations envisagées —mais encore là, il n'est pas obligatoire de le leur demander—, regroupent des chercheurs et des cliniciens qui souvent sont plus à l'aise dans leurs compétences techniques que dans les problèmes de conscience. Certains sont peut-être davantage intéressés par l'aspect scientifique d'une expérimentation que par des questions de respect de la personne humaine.

À la vérité, pour un médecin qui doit décider de l'opportunité d'un essai clinique, il n'est jamais facile de peser la part de risque et de bénéfice que cela entraîne pour son patient. Il existe toute une graduation dans les cas d'espèce. Prenez l'ulcère d'estomac. On dispose

déjà contre ce mal d'un médicament efficace, sans effets secondaires, la cimétidine. Ce que la profession appelle le produit de référence: celui contre lequel le prochain remède venu va devoir se mesurer. Le nouveau prétendant aura à faire la preuve de sa supériorité sur le médicament existant: à effet égal, posologie moins forte, voie d'administration plus intéressante, par exemple. Un vrai cas de conscience pour le médecin expérimentateur, qui devra prescrire à son malade un produit encore incertain à la place d'un produit avéré.

Deuxième hypothèse: la maladie ne possède pas de référence. Certains cancers, par exemple; ils sont encore mortels aujourd'hui quelque soit le remède qu'on leur oppose. Le médecin trouvera alors plus facile, moralement, d'essayer une nouvelle substance. On ne risque rien et on a peut-être une chance. Un pari équitable pour le malade.

Troisième cas d'espèce: la situation bête et bénigne. Un produit contre le rhume. Tout le monde sait que ce petit mal est sans gravité et qu'il n'est curable que grâce au temps et à la nature [2]. Mais il fait les choux gras des laboratoires, qui vous pondent des potions aussi chères qu'inefficaces. Le médecin sera tenté d'expérimenter le nouveau produit miracle sur des patients crédules, sachant que le traitement est inoffensif, que le client est content, et que lui-même touchera sa petite prime.

Un professeur de l'hôpital d'Amiens se livrait sur un comateux chronique à des expériences de transfusion, dans le but de savoir se qui se passe quand on dilue le sang d'un individu: une connaissance utile dans les études cardiaques, respiratoires et circulatoires. Le Comité d'éthique l'a condamné, autant pour avoir profité d'un malade inconscient, en état végétatif, que parce que le patient ne pouvait tirer aucun avantage de ces manipulations.

Exiger qu'un malade soit informé de ce qu'on lui fait et qu'il donne son «consentement éclairé», voilà une règle bien illusoire. Le problème se pose surtout avec les expérimentations dites «en double aveugle». Dans un même service, pour une maladie donnée, certains sujets prennent le médicament de référence, d'autres la drogue qu'on essaie, d'autres encore de simples placebos. Ni les patients, ni le médecin traitant ne savent quel produit est administré à qui. La répartition des trois groupes de travail est décidée par l'ordinateur du laboratoire pharmaceutique, au hasard, sur la base de «randomisation», de façon à assurer la fiabilité statistique de l'opération. Deux des trois groupes seront forcément moins bien soignés que l'autre. Comment dans ces conditions «informer» le malade et lui soutirer son «consentement éclairé», alors que tout le monde à l'hôpital ignore la nature du traitement qu'il subit? Seul le sens clinique du médecin lui dira lequel des trois produits anonymes, A, B et C, est le meilleur.

En dix ans, pour la seule cancérologie, près de mille expérimentations ont été entreprises en France sur des malades ainsi tirés au sort, le plus souvent à leur insu. Une enquête réalisée à propos de ces essais thérapeutiques auprès du personnel soignant, conclut que «peu de malades sont informés et reçoivent des explications. Ils subissent l'essai et n'ont pas le choix, ni le droit à la parole».

Situation médicalement bien équivoque, puisqu'il est moins question de définir un traitement pour le bien du patient que d'utiliser le patient pour évaluer un traitement. On risque de perdre de vue l'intérêt du malade, qui devrait rester le premier souci. Tous les dérapages sont dès lors possibles. S'agit-il d'essayer une nouvelle substance pour une affection aussi banale que le rhume? L'expérimentateur qui cherche des cas à traiter n'aura, l'hiver, que l'embarras du choix; il pourra trier parmi la pléthore de gens enrhumés et exclure de son expérience tous ceux qui ne sont pas des sujets acceptables selon l'éthique. Mais dans la situation d'une maladie rare, comme une tumeur hypophysaire ou un ostéosarcome, le choix des candidats ne s'opèrera pas avec la même délicatesse. Pour l'expérimentateur en mal de cobayes, le malade tend alors à prendre une bien plus grande valeur en tant que «cas» qu'en qualité d'être humain. Supposons que le premier de ces médecins soit confronté avec un mongolien enrhumé, il ne le fera pas participer aux essais cliniques. Mais pour le second de ces médecins, un sujet souffrant d'ostéosarcome est une denrée trop précieuse, fût-il mongolien, pour être refusé. On se donnera une conscience très large quant au «consentement éclairé» de ce malade mentalement diminué. La seule chose qui compte est de réaliser le protocole. Un grand clinicien nous a parlé à ce propos de morale médicale «flottante».

Le seul timide garde-fou reste le Comité d'éthique. À condition que les protocoles d'expérimentation lui soient communiqués. Et que sa voix soit entendue.

Quant à la méthodologie scientifique suivie dans ces expérimentations, elle n'est pas sans failles. Peu d'experts y sont véritablement formés, et les résultats d'essais sont souvent entachés d'erreurs, de biais, voire

de fraudes: d'erreurs, par une faute de diagnostic au départ; de biais, lorsqu'on inclut, dans un essai, des malades dont les symptômes ne correspondent pas exactement aux critères fixés par le protocole; mais pour le médecin, cela gonfle le nombre de ses cobayes, et donc, l'importance de ses «honoraires», de fraudes, on en a connu: un expert «ultra-branché» sur une maladie rarissime parvient à recruter cinquante malades dans sa spécialité. Le laboratoire exulte: jamais on espérait réunir une aussi riche brochette de sujets expérimentaux. En fait, les malades sont fictifs et les rapports d'essais imaginaires. Mais les dossiers individuels sont parfaitement «réguliers», conformes au protocole. Ce type d'escroquerie scientifique devient cependant de plus en plus difficile à perpétrer, parce que les laboratoires pharmaceutiques, à défaut d'un contrôle officiel effectif, envoient maintenant des «moniteurs» vérifier la bonne tenue des expériences.

Reste l'éventualité d'une imposture par le laboratoire lui-même. Il aura commandé des essais à des groupes différents de médecins. Il s'aperçoit que les résultats provenant d'une ou plusieurs des sources sont défavorables; il décide alors d'exclure de son rapport ces conclusions désavantageuses (on parle dans le métier de «toilettage»). Des malades disparaissent ainsi des compte rendus, ou s'y retrouvent deux fois si cela arrange le commanditaire. Souvent la Commission d'AMM est obligée de reprendre les fiches d'observation cas par cas, tant le rapport est trouble.

L'Administration tente de mettre de l'ordre dans cette gabegie. Mais le lobby pharmaceutique est puissant. Dans le contexte économique national, tout au moins. Car les médicaments français n'ont pas bonne réputation à l'étranger, alors qu'il leur faudrait s'imposer sur le marché mondial, notamment anglo-saxon. Aux États-Unis, parmi les cinquante spécialités les plus prescrites, on ne trouve qu'un seul produit français. Encore s'agit-il d'un médicament vieux de vingt ans. Notre industrie pharmaceutique bricole, change un peu la sauce de vieilles recettes, pastiche les formules des autres, mais n'a plus guère le génie de l'innovation.

Les autorités françaises essaient pourtant d'aligner le développement de nos produits pharmaceutiques sur les normes américaines, nettement plus rigoureuses. La création d'une organisation de pharmacovigilance est, dans son principe tout au moins, une initiative qui va dans le bon sens. Ce système de surveillance mobilise les médecins généralistes, les spécialistes, les dentistes, les pharmaciens, les infirmières, les sages-femmes, qui tous sont tenus maintenant de déclarer les cas d'intolérance à un médicament, les risques dont ils le soupçonnent, les effets délétères observés. Les laboratoires eux-mêmes sont censés contribuer à cette action, en assurant le suivi de leurs produits. Une Commission nationale de pharmacovigilance garde l'oeil sur les nouveaux produits pendant une période probatoire après leur sortie.

Voilà pour le principe. Les choses vont moins bien dans la réalité. D'abord, nous dit un responsable de la DPHM[3], dont dépend la Commission de pharmacovigilance, cette dernière est «un panier de crabes, agité par des luttes intestines». Ensuite, elle n'a qu'un rôle consultatif. La décision de retirer ou de maintenir dans le commerce un médicament revient au ministre de la Santé, qui le plus souvent n'y connaît rien. Au demeurant, le fabricant a un droit de recours. Pour défendre son dossier, il utilisera des arguments plus économico-politiques que techniques: si l'on supprime son médicament, tant d'employés seront licenciés. Un plaidoyer qui fait vite oublier au ministre l'avis scientifique d'une commission d'experts.

Malgré un taux impressionnant d'hépatites et de morts, il a fallu des années pour que le ministère de la Santé interdise la vente du Dupéran[4]. Le laboratoire Cassenne, promoteur du médicament, avait déjà eu des problèmes avec un anti-dépresseur; responsable d'agranulocytoses — fortes pertes de leucocytes granuleux du sang — le produit a dû être retiré de la circulation en catastrophe. Or, il y avait eu au moins une agranulocytose en cours d'expérimentation, mais ce cas ne figurait pas au dossier de la demande d'autorisation de mise sur le marché. Un «oubli» qui permit au produit de réussir son examen de passage devant la Commission d'AMM.

Un autre médicament français, le Grabène, un antiépileptique, a entraîné des hépatites graves dès les premiers essais cliniques. Et pense-t-on, deux morts (l'Administration et l'industrie pharmaceutique s'entendent au moins sur un point: garder le silence sur de telles affaires). Son développement a néanmoins été poursuivi et il obtenait, en 1985, le droit d'être commercialisé. Aujourd'hui, il provoque des sueurs froides chez les responsables des centres régionaux de pharmacovigilance. Tout comme le Diflurex, un diurétique utilisé en cardiologie et responsable d'hépatites: il est sous surveillance depuis 1980. Le Survector, un antidépresseur, est également sous surveillance. Mais pour l'un comme pour l'autre de ces deux médicaments français, aucune décision n'a encore été arrêtée.

Et que dire du scandale de la cyclosporine [3] ? Une expérimentation de deux jours, sur cinq malades atteints de SIDA, un protocole bâclé, aucune preuve, pas de recul scientifique. Le tout couronné d'un communiqué victorieux du ministère des Affaires sociales!

L'Administration se trouve coincée entre le rôle technique purement consultatif et la pression constante des laboratoires pharmaceutiques. Beaucoup de ces derniers, issus de l'officine, n'ont pas les moyens de rivaliser avec les firmes internationales. Ils ont donné naissance à un produit ou à une petite gamme de produits, mais sont ensuite incapables de faire face à de nouvelles recherches et de synthétiser d'autres molécules intéressantes. Bon nombre d'entre eux mettent la clé sous la porte, ou revendent les droits de leur invention à un gros confrère, qui dispose d'un répondant financier suffisant pour faire breveter le produit dans tous les pays — une démarche très coûteuse.

Ces laboratoires, constamment sur la corde raide mais regroupés en une corporation puissante, font un chantage incessant à la faillite et aux licenciements. Grâce à quoi ils arrivent à faire passer leurs produits auprès du ministère de la Santé.

Même des firmes étrangères peuvent s'implanter chez nous en exploitant l'obsession de l'emploi chez nos dirigeants. Glaxo, une maison anglaise, a obtenu en France un prix élevé pour son médicament, l'Azantac, avec en contrepartie la création d'une usine en Seine-Maritime. Le Premier ministre de l'époque était Laurent Fabius, député de ce même département.

Une fois qu'un médicament a obtenu l'autorisation de mise sur le marché, en effet, le dossier passe à la Commission de transparence, qui donne un avis consultatif sur le prix de vente qu'il convient d'accorder à ce médicament. Les laboratoires poussent naturellement à la hausse. Cinq administrations concourent à la prise de décision, chacune jugeant la cause selon ses critères à elle. La Sécurité sociale raisonne différemment du ministère de l'Industrie. La Santé, différemment des Finances. Une belle cacophonie. Et une belle occasion pour les politiciens de profiter du système.

C'est un ancien directeur de cabinet à Matignon qui, ne comprenant rien au problème, mais imbu de son flair subtil de l'opportunisme électoral, a empêché de faire passer un projet de loi qui aurait enfin réglementé les expérimentations cliniques sur les volontaires sains. Une association qui réunit des médecins connus, des hauts fonctionnaires, des responsables de l'industrie pharmaceutique, se bat depuis des années pour obtenir qu'on légifère à ce sujet. Mais cette initiative est mal vue par une partie du public — de l'électorat —, qui pense que ses auteurs ont le sinistre dessein d'organiser un marché de cobayes humains, la traite des volontaires sains, l'industrie pharmaceutique jouant le rôle de proxénète. Le Gouvernement ne voulait pas, alors, se risquer à laisser l'Assemblée nationale débattre d'un texte aussi scabreux.

Qu'est-ce qui pousse alors les hommes en blanc à entreprendre ces expérimentations sur leurs malades et sur des volontaires? Les essais cliniques entraînent un surplus de travail et de responsabilité, l'obligation de suivre une procédure astreignante et une méthodologie pointilleuse. Alors, pourquoi le font-ils? Pour faire avancer la science? Dans l'intérêt de leur malade? Pour l'argent, tout simplement? Sans doute pour les trois raisons, comme l'explique un grand patron hospitalier: «Je peux vous dire pourquoi je fais ces essais. Soit parce que la molécule paraît vraiment intéressante et va représenter un énorme progrès dans la thérapeutique. Soit qu'il s'agit d'un protocole qui, sans avoir un intérêt passionnant, va apporter un petit quelque chose et que l'essai va me permettre de faire payer directement par la firme un certain nombre de mes attachés» [4].

Les réponses des expérimentateurs à notre questionnaire (voir p. 56) permettent de mieux cerner les conditions dans lesquelles se déroulent les essais cliniques de médicaments.

La motivation financière est omniprésente. Les expérimentateurs ne s'en cachent pas. À la question, combien demandez-vous? l'un d'eux explique : «C'est très variable, selon le travail nécessaire et aussi les bénéfices qu'en tirera le laboratoire.»

Beaucoup font des essais de la phase III, une classe d'expérimentations complètement préfabriquées par la firme pharmaceutique et où le médecin n'est plus qu'un simple intermédiaire dont les compétences ne sont nullement associées au succès de l'opération. Edouard Zarifian, psychiatre et pharmacologue, considère que les essais de ce type «déposséder l'expérimentateur du bénéfice intellectuel au profit des organisateurs de l'étude. Il devient alors un exécutant aveugle et seules des raisons autres que scientifiques peuvent le pousser à participer aux essais».

50 EXPÉRIMENTATEURS RÉPONDENT À NOTRE QUESTIONNAIRE

Environ trois mille médecins sont inscrits sur la liste officielle des experts, au ministère de la Santé. Mais deux cents seulement font régulièrement des expérimentations. La Direction de la pharmacie et du médicament a bien voulu nous cocher leurs noms sur la liste. Nous avons ensuite envoyé notre questionnaire à 150 médecins: 53 ont répondu; presque tous sont chefs de service dans les hôpitaux de l'Assistance publique.

1. **Vous réalisez des essais de phase...**
(plusieurs réponses possibles)
- Phase I (sur le volontaire sain): 7
- Phase II (détermination de l'efficacité du produit): 23
- Phase III (détermination de la posologie) :39
- Phase IV (après commercialisation): 26

2. **Pour ces essais phase IV, il s'agit de...**
(plusieurs réponses possibles)
- Recherche d'effets inattendus: 19
- Recherche de nouvelles indications du produit: 24
- Essais promotionnels: 17

3. **Les essais cliniques occupent-ils une place importante dans votre activité?**
- Oui: 20
- Non: 28
- Sans réponse: 5

4. **Quelles sont les raisons qui vous amènent à refuser une proposition d'essais?**
(plusieurs réponses possibles)
- Aspect éthique non satisfaisant: 25
- Essais précédents peu convaincants: 18
- Produit paraissant présenter peu d'intérêt: 41
- Protocole trop contraignant: 26
- Manque de disponibilité: 21

5. **Soumettez-vous vos protocoles à un comité d'éthique?**
- Toujours: 16
- Souvent: 14
- Parfois: 10
- Jamais: 4
- Sans réponse: 9

6. **Informez-vous les malades qui entrent dans l'essai?**
- Toujours: 26
- Parfois: 17
- Jamais: 1
- Sans réponse: 9

7. **Que pensez-vous des conditions de rétribution des essais?**
- Système satisfaisant: 20
- Système le moins mauvais: 18
- À revoir: 2
- Sans réponse: 13

8. **Que faites-vous du montant des rétributions?**
- Vous le reversez dans une association que vous avez créée à cet effet (NDRL: caisse noire): 39
- Vous le reversez à l'administration de l'hôpital: 7
- Autre: 2
- Sans réponse: 5

9. **Au total, pensez-vous que les essais cliniques s'effectuent dans de meilleures conditions qu'il y a une dizaine d'années?**
- Oui: 39
- Non: 3
- Pareil: 6
- Sans réponse: 5

Les expérimentations de la phase IV, qui ont lieu après la commercialisation du produit, peuvent être, selon E. Zarifian, «soit une véritable étude de pharmacovigilance, soit, malheureusement encore dans certains cas, simulacres d'essais cliniques qui ne font honneur ni à ceux qui les commanditent, ni à ceux qui les exécutent». Sur les expérimentateurs que nous avons interrogés, 17 ont d'ailleurs coché, à propos de cette phase IV, la réponse «essais promotionnels» —autrement dit, expérimentations obéissant plutôt à un souci commercial qu'à une préoccupation scientifique. Commentaire d'un expérimentateur: «Il y a deux types de firmes, les marchands de soupe et les sérieux. Les sérieux ont des méthodologistes ', s'adressent à des médecins sérieux, lesquels pratiquent des méthodologies sérieuses. Les marchands de soupe font du pseudo-essai clinique dans le but unique de se faire mousser.»

Plus loin, il évoque les arguments «sonnants et trébuchants» dont use l'industrie pharmaceutique pour convaincre les médecins de l'utilité des études qu'elle leur propose. D'autres font remarquer que la réalisation d'un essai clinique demande un travail considérable; il est normal de la rémunérer à sa vraie valeur. Quelle valeur, justement? Combien les expérimentateurs demandent-ils par observation, par malade? La fourchette

est large: 500 à 200 000 francs. Un prix sous-évalué, juste, excessif? Tout dépend de l'importance de l'essai, — il y en a qui s'échelonnent sur des mois — et de la renommée de l'expert qui l'exécute.

Que font les expérimentateurs de cet argent? Ils achètent du matériel pour leur service, ils rémunèrent (parfois) le personnel soignant qui a collaboré à l'essai, ils autofinancent des voyages à l'étranger pour assister à des congrès. Bref, ils en font ce qu'ils veulent. Une bonne partie reconnaissent en toute franchise avoir adopté le système socialement réprouvé de la «caisse noire». Quarante des expérimentateurs interrogés, soit une très large majorité, versent le produit de leurs essais à une association loi 1901 créée uniquement dans le but de gérer les fonds recueillis. Sept d'entre eux seulement reversent directement leurs émoluments à l'administration hospitalière, se dépossédant ainsi du droit de les dépenser à leur guise.

Mais l'argent n'est pas tout. Il arrive aux médecins de refuser d'entreprendre l'étude clinique d'un médicament, dans l'intérêt des malades. Parce que le remède a une trop grande toxicité, ou qu'il serait dangereux de remplacer chez le patient un médicament confirmé par un autre dont il reste à faire la preuve de son efficacité et de son innocuité.

Respecte-t-on la recommandation du Comité national d'éthique visant le «consentement éclairé» du patient? Pas toujours, de l'aveu même des cliniciens, qui restent très partagés sur l'opportunité d'informer le malade et d'obtenir son accord. Dans les pays anglo-saxons, le consentement doit être donné par écrit et obligatoirement figurer au dossier de demande de validation du médicament. En France, les choses sont beaucoup plus floues: la règle d'éthique admet un simple accord verbal, ce qui bien sûr permet de ... jouer sur les mots. Nous avons demandé à nos médecins s'ils étaient favorables à l'obligation d'un consentement écrit de la part du malade. «C'est une fausse honnêteté», commente un expert. «Toute autre forme de consentement est hypocrite» dit un autre expert.

Nous avons voulu savoir si les médecins qui approuvent le consentement écrit appliquent ce principe dans la réalité. Ici, large silence. Le taux des non-réponses est impressionnant. On est théoriquement pour, mais on ne pratique pas ce que l'on prêche.

Une ambiguïté, que l'on retrouve à propos du Comité d'éthique, est l'obligation (strictement morale, non pas formelle) pour l'expérimentateur de soumettre à ce dernier le protocole de tout essai effectué sur un malade. Cette responsabilité a été spécifiée par la Commission des bonnes pratiques cliniques. Or, moins du tiers des médecins concernés présentent systématiquement leur projet d'expérimentation à un Comité d'éthique. La plupart le font «souvent» ou «parfois». Certains «jamais», arguant de «l'inutilité des Comités d'éthique». Attitude assez inquiétante, si l'on songe que, dans le système français, ces comités sont la seule sauvegarde, encore que largement symbolique, d'un malade qui se retrouve totalement à la discrétion de l'expérimentateur.

Les règles de méthodologie, comme les définit la Commission des bonnes pratiques cliniques, ne sont pas non plus toujours respectées. Ainsi, le fabricant du médicament est censé fournir à l'expérimentateur toutes les informations existantes sur son produit, telles que les résultats sur les études analytiques et toxicologiques, et les compte-rendus des essais cliniques précédents. Près de la moitié des médecins interrogés ne reçoivent jamais ces données qui leur sont indispensables, sauf s'ils en font eux-mêmes la demande.

Autre lacune importante: toujours selon les bonnes pratiques cliniques, l'expert doit avoir un droit de regard sur le dossier que le laboratoire pharmaceutique présente au Ministère, et dans lequel sont consignés les résultats de l'expérimentation. Il est en effet essentiel que le médecin qui a effectué les essais puisse vérifier que le laboratoire n'a pas déformé les résultats et truqué les statistiques, pour donner une image plus avantageuse du médicament. Mais notre enquête révèle que les expérimentateurs n'ont pas toujours la possibilité de contrôler le compte rendu d'expérimentation établi par le fabricant. Quinze d'entre eux l'ont «souvent», quatre «parfois» seulement, et même un «jamais». Les médecins ne se font d'ailleurs aucune illusion sur les conclusions frauduleuses de certains dossiers soumis à la Commission d'AMM. «Un certain progrès a été accompli grâce à l'obligation de déclaration préalable de tous les essais au ministère de la Santé», note l'un d'eux. Cette mesure empêche désormais un laboratoire, sinon de «toiletter» les résultats, du moins d'envoyer aux oubliettes un travail peu favorable à son produit. «La Commission d'AMM, remarque cependant un de nos correspondants, laisse encore passer beaucoup d'essais très mauvais.»

Certes, presque tous les médecins interrogés estiment que l'expérimentation clinique s'effectue en France dans de meilleures conditions qu'il y a dix ans. Mais le

niveau était alors particulièrement bas. On s'accorde à reconnaître que l'éthique est aujourd'hui mieux observée, les protocoles sont devenus plus rigoureux, la méthodologie est d'une plus haute qualité scientifique. Mais la situation est loin d'être parfaite, comme l'atteste un des experts: «Il y a encore des médicaments qui obtiennent l'AMM et qui ne le devraient pas.»

Et la protection légale des cobayes humains n'est toujours pas assurée.

NOTES

1. On appelle «médecine de ville» celle qu'exercent les praticiens libéraux dans leur cabinet particulier, par opposition à la médecine hospitalière ou de dispensaire.
2. Le rhume, selon une boutade d'amphithéâtre, guérit tout seul en sept jours, mais en une semaine seulement s'il est traité.
3. Direction de la pharmacie et du médicament.
4. Voir Science & Vie, n°838, juillet 1987, p.70.
5. Voir «La troublante affaire cyclosporine-SIDA». Science & Vie, n° 820, janvier 1986, p.36.
6. Les attachés sont les médecins sans statuts réguliers à l'hôpital, qui occupent des postes de "vacation" et sont moins rémunérés que le personnel fixe.
7. Dont le rôle est de mettre au point les protocoles d'expérimentation des médicaments. Ils sont généralement de formation médicale, familiers des réglementations internationales sur les médicaments et possèdent de sérieuses compétences en statistique.

*Anne BERGOGNE. «Histoires de cobayes humains» dans Science et Vie, no 180, octobre 1987, pp. 68 à 74.

3 Faits et opinions

Mythe
Les faits scientifiques véhiculés par les médias d'information sont nécessairement exacts.

Anti-mythe
Les informations à caractère scientifique véhiculées dans les médias intègrent à la fois le fait scientifique et l'opinion de l'auteur. Le rôle des médias est d'informer un public le plus large possible. L'information est souvent traduite pour «accrocher» le public, au risque de déformer le fait scientifique.

Objectif de l'activité
Adopter une attitude critique lors d'une lecture.

Introduction
Etant donné la fréquence des sujets controversés dans le monde scientifique, il s'avère important de développer un esprit critique. Il ne faut pas tenir pour acquis tout ce qui est écrit.

Lire, c'est s'informer mais c'est également savoir filtrer l'information et chercher les points de vue d'auteurs différents. Il est important, suite à une lecture, de faire l'analyse de la structure générale du texte, de son contenu, des arguments présentés, de la compétence et de la crédibilité de l'auteur. De plus, pour un sujet controversé, des lectures de différents auteurs crédibles permettront de cibler les faits ou, du moins, d'en arriver à se faire une opinion personnelle.

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Après avoir distribué aux élèves un texte (tiré d'un périodique ou d'un journal), leur demander d'en faire l'analyse en vue de dégager ce qui semble du domaine des faits et du domaine des opinions ou des préjugés. Si c'est possible, comparer deux articles opposés dans leur version des faits.
Voici quelques thèmes qui peuvent être exploités:

- Nouvelles technologies de reproduction
- Nutrition
- Pluies acides
- Fluoration de l'eau
- Irradiation des aliments
- Armes chimiques
- Course aux armements

Pour s'aider on peut répondre aux questions suivantes:

— Quel est le but de l'auteur?
— Est-il une autorité en la matière? Et s'il l'est, un expert peut-il se tromper?
— Le style est-il clair, concis, cohérent?
— Quelles preuves l'auteur apporte-t-il pour soutenir sa thèse?
— L'argumentation est-elle consistante, rigoureuse?
— La logique est-elle bonne?
— Comparer ce qui est du domaine des faits et ce qui est du domaine des opinions.

Discussion

Les élèves peuvent échanger sur la difficulté de discerner ce qui relève directement des faits. L'enseignant ou l'enseignante conclut en faisant valoir la nécessité de développer un esprit critique et l'importance de vérifier la crédibilité d'un auteur.

Référence

BOUCHER, Francine et Jacqueline AVARD. Réussir ses études: guide d'autogestion, Boucherville, Mortagne, 1984.

4 Recherche objective

Mythe
La recherche en chimie et dans les disciplines connexes est essentiellement orientée dans le sens de la résolution des problèmes sociaux, en fonction d'un mieux-être de l'humanité.

Anti-mythe
La recherche en chimie et dans les disciplines connexes s'oriente principalement d'après une rationalité économique et politique.

Objectif de l'activité
- Prendre conscience que l'activité scientifique évolue dans un contexte économique et politique.
- En tant que citoyenne et citoyen, prendre part aux débats relatifs aux conséquences sociales et humaines des découvertes scientifiques.

Introduction
La société actuelle est conçue de telle sorte que l'économie et les courants sociaux influencent les orientations de la recherche. En effet, les découvertes évoluent plus rapidement, la plupart du temps, dans les domaines où subventions et investissements sont accordés. La connaissance scientifique ne se développe pas librement, en dehors de la réalité économique et politique d'une collectivité.

Les citoyennes et les citoyens considèrent les sciences comme étant inaccessibles. Compte tenu de cette soi-disant inaccessibilité —à la fois conceptuelle et psychologique—, ils demeurent peu ou mal informés des découvertes scientifiques. De façon corollaire, ils se tiennent à l'écart des débats d'importance qui les touchent directement ou indirectement: entreposage des BPC, pollution, cancer, etc.

Parce que les citoyennes et les citoyens vivent quotidiennement les impacts des découvertes scientifiques, ils ne peuvent pas fermer les yeux sur toutes les conséquences sociales et souvent éthiques qui en résultent. Il est du devoir des citoyennes et des citoyens de développer un esprit de discernement, de suivre les grands débats et d'exiger, éventuellement, de participer au processus décisionnel. Ils pourraient ainsi, par le pouvoir du nombre, contribuer à orienter les recherches et imposer qu'on tienne compte des conséquences humaines et sociales des applications scientifiques.

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Après un moment de réflexion, l'élève énonce ce qu'il croit avoir été les plus grandes réalisations scientifiques depuis un siècle. On dresse ensuite au tableau la liste de ces découvertes, en tentant de classer de la façon suivante:

- celles qui furent bénéfiques pour l'humanité;
- celles qui eurent des conséquences néfastes sur le plan de la santé, sur le plan social, sur le plan économique;
- celles qui sont ambiguës à classer;
- celles qui font l'objet de grands débats parce que leur impact social est encore incertain.

Discussion

1. Pourquoi certaines réalisations scientifiques font-elles l'unanimité et d'autres suscitent-elles la controverse?

2. Comment seraient orientées les recherches si des groupes sociaux, tels les écologistes, étaient suffisamment organisés?

3. Comment l'opinion publique peut-elle influencer le pouvoir politique et, par là, les orientations des recherches scientifiques et leurs utilisations?

4. Mettre en parallèle les deux découvertes suivantes et leurs applications:

   —*La découverte d' Einstein ($E=mc^2$)*en rapport avec *L'utilisation de la bombe atomique*. Einstein et ses collaborateurs croyaient que la bombe atomique n'allait servir que d'instrument de dissuasion et ignoraient qu'elle servirait d'arme offensive.

   Et

   — *Les biotechnologies de la reproduction* et *ce qu'il pourrait en advenir*. Qui décidera des limites lorsque, bientôt, les manipulations génétiques permettront de sélectionner ou de fabriquer les enfants qui possèdent le meilleur capital biologique et qui sauront constituer la nation la plus forte?

Discussion
Conclure en faisant ressortir l'importance de s'informer et de prendre part aux grands débats à caractère social, afin de sensibiliser une masse grandissante de population et, éventuellement, de participer au processus décisionnel en vue d'orienter les applications scientifiques.

Notes/commentaires
Banque de découvertes suggérées pour le professeur:
- Médicaments - Bombe atomique - Centrales nucléaires - Irradiation des aliments - Navettes spatiales - Fluoration de l'eau - Vaccins - Avions supersoniques - Micro-informatique - Nouvelles technologies de reproduction - Armes perfectionnées- Etc.

À la suite de cette activité, il faut s'attendre à un désaccord manifesté par une vive discussion, à savoir si une recherche ou une découverte est bénéfique ou nuisible à l'humanité. Ce désaccord démontre comment chaque personne est rejointe dans ses propres intérêts. Le moment de préparer une prochaine activité est opportun.

Un débat peut être organisé pour un prochain cours, alors que chacune et chacun auront pris le temps de faire une recherche (articles de périodiques, articles de journaux, réflexions personnelles) afin d'alimenter leurs argumentations.

Inviter les élèves à afficher leurs trouvailles dans un lieu public ou monter collectivement un dossier de presse qui pourrait être rendu disponible pour les personnes qui le désirent.

5 Carte du territoire

Mythe
La connaissance scientifique est le reflet de la réalité.

Anti-mythe
La science est le processus par lequel nous construisons collectivement une représentation de la réalité. La science n'est pas la réalité, mais plutôt sa représentation plus ou moins fidèle.

Objectif de l'activité
Prendre conscience que la réalité que l'on décrit est bien différente de la représentation que l'on peut en faire.

Introduction
L'activité suivante utilise la métaphore de la carte et du territoire d'Alfred Korzybski. Comme les cartes géographiques ne représentent pas intégralement le territoire dans tous ses détails, les cartes intellectuelles que nous construisons ne sont pas non plus identiques à la réalité.

Durée
30 minutes

Déroulement de l'activité
On demande aux élèves de produire la carte d'un territoire qui leur est connu (par exemple, le terrain de l'école, la rue, etc.).

«[...] Dès qu'une carte est produite, une prise de conscience peut déjà s'amorcer. Les élèves arriveront facilement à admettre que leurs cartes ne sont pas des photographies (modèles iconiques) de la réalité, mais des représentations symboliques fonctionnelles[...] Ils saisiront qu'ils ont utilisé des signes, des conventions, des symboles afin de représenter certains aspects de la réalité et, dans la mesure où ils pourront comparer leur carte avec celles qui ont été produites par d'autres, ils comprendront qu'il y a plus d'une carte possible.»

Discussion
1. Quels sont les critères utilisés pour choisir les éléments qui sont représentés sur la carte?

2. Y a-t-il identité entre ces éléments et ce qui apparaît sur la carte?

3. «[...] La carte rend-elle compte de la complexité de la réalité que l'on veut représenter? On peut alors suggérer de refaire une carte pour une partie du territoire et demander combien il faudrait de cartes pour épuiser la réalité».

4. «La carte rend-elle compte de l'aspect dynamique (changement de la réalité) que l'on veut représenter?»

Notes/commentaires

L'activité «Carte du territoire» s'apparente aux activités 6 et 7, respectivement intitulées «Boîte noire» et «Boîte de Pandore».

Référence

NADEAU, Robert et Jacques DÉSAUTELS. Épistémologie et didactique des sciences, Conseil des sciences du Canada, 1984, pp. 22 à 23.

6 La boîte noire

Mythe
Les modèles scientifiques décrivent la réalité telle qu'elle se manifeste.

Anti-mythe
Vu les limites de l'observation, il faut construire des modèles pour représenter les objets qu'on ne peut pas observer directement; ces modèles existants ne sont que des représentations imaginaires pour expliquer la réalité.

Objectif de l'activité
Constater les limites de l'observation et découvrir la nécessité d'utiliser un modèle pour se faire une idée de ce qu'on ne peut observer directement.

Matériel requis
- Construire les boîtes en carton noir épais (carton utilisé pour la télévision) d'une seule pièce repliée sur elle-même. Enrubanner chaque arête à l'aide de ruban fort pour plus de solidité.
- Construire des boîtes d'environ 6 cm X 8 cm X 12 cm et utiliser des objets de 2 à 3 cm.
- Utiliser deux ou trois séries de boîtes différentes par groupe d'élèves.
- Placer trois objets par boîte comme: une bille de bois, de verre ou de plastique, un cylindre de bois ou de cuivre, un cube de bois ou de plastique, clou, vis, etc.
- Essayer d'obtenir une masse totale à peu près semblable pour chaque boîte.
- Placer un objet aimantable dans une série de boîte.
- Mettre à la disposition des élèves une balance et des aimants.

Contenu théorique
Faire comprendre la nécessité d'utiliser des modèles en sciences

Durée
30 à 60 minutes, selon l'orientation donnée à la discussion

Déroulement de l'activité
Des boîtes scellées contenant quelques objets de nature et de formes différentes sont mises à la disposition des élèves. L'activité consiste à déterminer, si c'est possible, la nature, la forme et le nombre de ces objets.

- Noter le plus d'observations pertinentes sur le contenu des boîtes scellées. Il n'est évidemment pas question de les ouvrir! Chaque observation doit être détectée directement par l'un des cinq sens.

- Donner trois moyens réalistes de percer (au sens figuré, n'est-ce -pas!) le mystère du contenu des boîtes.

- Présenter ses observations dans un tableau.

- À partir des informations recueillies, quelle est la meilleure hypothèse que l'on peut donner du contenu des boîtes sous la forme d'un dessin?

- Le dessin donne-t-il des renseignements sur la masse, la forme, la couleur, la nature des matériaux et les dimensions du contenu des boîtes?

- Comparer ses observations avec celles obtenues par les autres équipes.

- Quel est le dessin du contenu des boîtes qui tient compte des renseignements obtenus par tout le groupe?

Discussion
Il faut animer la discussion, poser des questions, présenter des objections. La discussion doit porter sur les limites de l'observation de la science. Amener les élèves à échanger leurs résultats, à les défendre et à arriver à un consensus sur le contenu des boîtes.

Stratégie
Ne pas trop guider; laisser plutôt les élèves imaginer le contenu selon leur vécu, leur intuition, leur imagination. Ne pas dévoiler le contenu des boîtes à quelque moment que ce soit.

Conception et rédaction
Réal Cantin et Laurent Chénard
Tiré de Chimie raisonnée

Référence
CANTIN, Réal et Laurent CHÉNARD. Chimie raisonnée, Ottawa, Renouveau Pédagogique, 1989.

7 La boîte de Pandore*

Mythe
Les modèles scientifiques décrivent la réalité telle qu'elle se manifeste.

Anti-mythe
Vu les limites de l'observation, il faut construire des modèles pour représenter les objets qu'on ne peut pas observer directement; ces modèles existants ne sont que des représentations imaginaires pour expliquer la réalité.

Objectif de l'activité
Distinguer la matière de la représentation qui en est faite, c'est-à-dire le modèle.

Introduction
Puisque l'infiniment petit et l'infiniment grand se dérobent à la perception des sens humains, il a bien fallu, pour y avoir accès, prolonger nos sens. Pour ce faire, nous nous sommes dotés d'instruments conçus en fonction de l'échelle à laquelle nous nous attaquons et de la nature présumée de l'objet d'investigation.

L'observation directe étant limitée et ne nous donnant souvent que des images grossières, de nouveaux instruments ont dû être développés. Ce ne sont plus des amplificateurs d'images (grossissement) mais des détecteurs de phénomènes habituellement inaccessibles aux sens. Or l'observation à l'aide de ces détecteurs se différencie de celle des amplificateurs sur deux aspects: l'appareil doit être développé en fonction de l'idée que l'on se fait du sujet investigué (modèle) et de plus, une phase interprétative doit s'ajouter avant l'obtention de la représentation visuelle (image, graphique...).

Ainsi donc, l'instrument-détecteur est élaboré à partir d'une idée préconçue, le modèle, et va contribuer très probablement au raffinement de celui-ci de façon itérative.

L'activité décrite ici vise à ce que les élèves puissent se familiariser avec la notion de modèle (en sciences) et se rendre compte qu'on peut en arriver à une représentation assez précise d'un objet sans jamais avoir observé directement cet objet.

Matériel requis
Boîtes de Pandore, c'est-à-dire des boîtes de conserve scellées contenant chacune un objet inconnu.

Contenu théorique
La théorie atomique et ses modèles

Durée
30 à 60 minutes

Déroulement de l'activité
Chaque équipe se voit remettre une boîte de Pandore dans laquelle se trouve un objet dont il faut prédire les propriétés —taille, forme, matériau (composition), poids, etc.— et l'identification précise s'il s'agit d'un objet présumément reconnu. Les expériences menées et leurs conclusions sont consignées au tableau.

Chaque équipe fait rapport devant la classe. Le contenu de chacune de ces boîtes n'est pas révélé au cours de cette mise en commun.

Discussion
Au cours d'une discussion qui suit cette activité, il ressort indubitablement que les modèles représentent la façon dont on imagine la réalité, et non la certitude de cette réalité.

Il est fort possible que la discussion s'ouvre sur d'autres mythes: la science nous rapproche de plus en plus de la réalité; la science détient la vérité absolue. De même sur des constatations: la curiosité des chercheurs allant jusqu'à l'obsession; la frustration résultant de l'incertitude.

Conception et rédaction
Collectif de chimie, cégep de Limoilou

---

*Pandore: déesse chargée de venger le vol du feu du ciel et à qui on avait confié une jarre contenant tous les maux.

8 J'écoute, je sens, je touche et je regarde avec mes idées

Mythe
«La connaissance scientifique résulte exclusivement de l'observation des faits.»

Anti-mythe
La connaissance scientifique résulte d'un questionnement nécessaire pour amener l'observation; comme à toute question est souvent associée l'anticipation d'une réponse, les conceptions antérieures peuvent modifier les résultats attendus.

Objectif de l'activité
«Prendre conscience:
• qu'observer est un processus qui diffère du simple regard;
• qu'il ne peut y avoir observation sans déséquilibre cognitif, sans question;
• qu'il faut supposer pour observer, et que cette supposition guide la cueillette d'informations.»

Introduction
«Avec la constitution de la science moderne aux XVIe et XVIIe siècles, l'Occident a cru mettre la main sur la méthode scientifique par excellence. Cette méthode consisterait au départ à observer les faits eux-mêmes, quels qu'ils soient, pour en induire ensuite par généralisation, l'hypothèse explicative. [...] Caractériser la science comme étant fondamentalement une activité de cueillette minutieuse, ordonnée, voire même exhaustive des faits, c'est faire place à de l'empirisme béat.

«[....] Contre l'empirisme béat, qui voit l'esprit humain comme une table rase où viennent se disposer un à un les objets de la connaissance, et donc qui nous incite à considérer l'esprit du jeune élève comme une cire vierge où viendront s'imprégner les formes réelles des phénomènes constituant l'univers physique, il faut au contraire soutenir que les élèves sont déjà dans un univers de connaissances quand ils accèdent à un cours de science, peu importe ce que valent ces connaissances; et à supposer qu'elles n'aient aucune légitimité scientifique, on aurait encore davantage de raisons de s'en préoccuper pour en venir à bout. Il vaut mieux penser en fait, qu'à quelque stade de développement intellectuel que l'on soit rendu, nous sommes toujours dans du déjà connu, et que là s'entremêlent, avec une cohésion qui n'est pas toujours apparente mais qui n'en existe pas moins, préjugés et illusions d'un côté, informations fondées et jugements adéquats de l'autre.

«Il faut soutenir également que «les faits» ne constituent aucunement le point de départ de l'investigation scientifique: sans un point de vue préalablement adopté, sans une perspective de recherche suffisamment explicite, l'observation ne peut avoir lieu, car l'enquête ne peut démarrer. [...] L'idée que l'activité scientifique commence avec les faits eux-mêmes et que la

pratique de l'observation, au sens technique du mot, ne nécessite rien de plus que l'attention du regard et l'ouverture de l'esprit n'est qu'un mirage épistémologique.

«Si le jeu de la science est constitué d'une interminable série de questions et de réponses, il faut convenir également qu'à toute question est le plus souvent associée l'anticipation d'une réponse. Justement, la pratique de l'observation est fertile dans l'optique de la confrontation de la réponse anticipée avec l'information recueillie.»

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
«Cette activité peut très bien se présenter sous la forme d'un jeu. Ce dernier consiste à déterminer la nature d'un certain nombre d'objets cachés (cinq à sept) ayant les caractéristiques suivantes:

- un isolant rigide
- un objet métallique
- un ou deux liquides
- une ou deux substances granulées
- un objet inconnu des élèves

a) J'écoute
Au cours d'une première phase de l'exercice il s'agit pour l'élève de préciser la nature de l'objet à partir du bruit créé lorsqu'on le laisse tomber deux ou trois fois d'une certaine hauteur. On demande aux élèves non seulement de tenter de découvrir la nature de l'objet à partir de ce qu'ils entendent, mais également pourquoi ils pensent que l'objet est de cette nature et de consigner tout cela par écrit.

Il est important que des notes écrites existent puisque le rôle de la personne ressource sera effectivement de faire réfléchir l'élève sur sa propre démarche. Un élève aura par exemple écrit que l'objet 3 est un liquide: «parce que j'ai déjà entendu un bruit similaire et qu'il était produit par un liquide.»

b) Je sens, je goûte
Au cours des phases suivantes on permet aux élèves de sentir, de goûter et de nouveau d'identifier les objets en consignant par écrit les raisons pour lesquelles ils supposent que l'objet est de telle ou telle nature. Le rôle de la personne ressource à ce stade consistera à analyser avec les élèves l'information qu'ils auront consignée. Un certain nombre de cas peuvent se présenter:

1) Les nouvelles informations ne permettent pas de spécifier davantage la nature de l'objet et l'on conserve donc la supposition initiale.
2) Les nouvelles informations tendent à renforcer la supposition initiale, et il faut alors montrer comment celle-ci a permis une classification de l'information.

3) Les nouvelles informations tendent à mettre en doute la supposition initiale et il faut alors montrer comment celle-ci, bien que mise en doute, n'en a pas moins constitué un outil pour classer l'information.

À ce stade de l'activité il serait nécessaire de demander aux élèves de prédire ce qu'ils percevront au moment où ils toucheront aux objets. Compte tenu de la quantité d'informations qu'ils possèdent et des suppositions qu'ils ont avancées, il est donc possible de faire des prédictions. Cette partie de l'exercice nous semble fort importante dans la mesure où elle permettra de mettre en évidence le rôle joué par les suppositions (ce que l'on sait déjà) dans la cueillette d'informations.

c) Je touche

Au cours de cette phase nous suggérons que l'on procède en deux étapes. Une première au cours de laquelle on touche aux objets sans effectuer de mouvement et une seconde au cours de laquelle les objets peuvent être manipulés. Pour chacune des étapes on demande aux élèves de consigner par écrit les informations recueillies et de les confronter aux prédictions qu'ils avaient effectuées à partir de leurs suppositions.

Cette partie de l'activité nous semble vraiment cruciale dans la mesure où elle permet:

- de mettre en évidence que la perception exige une activité du sujet et que l'on ne perçoit vraiment que les différences. Par exemple, un son qui serait toujours identique à lui-même et qui ne pourrait être contrasté avec aucun autre ne serait plus discriminé par le sujet;

- de souligner que le processus d'observation intègre la démarche au cours de laquelle on confronte les événements prédits à partir des suppositions avec les informations recueillies pendant l'activité de perception.

d) Je regarde

Le moment est venu de lever le voile sur le mystère et les élèves seront sans aucun doute anxieux de voir les objets cachés. Toutefois, avant qu'ils ne puissent les voir, il est de nouveau nécessaire d'exiger qu'ils prédisent ce qu'ils verront et consignent le tout par écrit en spécifiant ce pourquoi ils forment de telles attentes. Il s'agit d'une consigne importante car le travail subséquent s'appuiera sur ces écrits, puisqu'il s'agit de faire prendre conscience à l'élève:

- que l'observation au sens scientifique du terme est un processus dont l'origine se situe dans la question de départ: quelle est la nature de l'objet?

- que l'observation n'est possible que si l'on suppose quelque chose, quitte à ce que l'information recueillie provoque une révision de ce que l'on a anticipé (et ce que l'on suppose est toujours lié à ce que l'on sait);

- que l'observation ne consiste pas à regarder, toucher, écouter, goûter, sentir, bien que ce processus fasse intervenir la perception.»

Discussion
L'enseignant ou l'enseignante oriente la discussion finale de façon à faire ressortir l'idée que nos idées influencent la perception de nos sens: je vois, j'écoute, je sens, je goûte avec mes idées.

Notes/commentaires
«Quelle surprise pour les élèves que de constater que, même en voyant un objet, on ne sait pas automatiquement ce qu'il est, ou à quoi il sert. Voilà une belle occasion d'amorcer un véritable processus d'observation qui, cette fois, fera intervenir tous les sens.»

Il est pertinent de lire les commentaires qui apparaissent à l'activité numéro 10 (Produits laitiers), pour éviter toute confusion dans les énoncés des objets de mythification de certaines activités comme «J'écoute, je sens, je regarde, je touche» (8), «Produits laitiers» (10), et «La couleur» (39).

Référence
NADEAU, Robert et Jacques DÉSAUTELS. Épistémologie et didactique des sciences, Conseil des sciences du Canada, 1984, pp. 28 à 32.

9 Le tableau périodique de Chimios

Mythe
La disposition des éléments dans la tableau périodique résulte de calculs complexes et d'une interprétation ardue, réalisée par un savant appelé Mendeleïev.

Anti-mythe
La disposition est logique, elle tient compte des propriétés connues des éléments et elle permet de prévoir les propriétés des éléments à découvrir.

Objectif de l'activité
Découvrir que la construction du tableau périodique résulte d'un classement d'éléments dont les propriétés sont connues.

Contenu théorique
Détermination des paramètres d'une classification par rangées et par colonnes.

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
L'activité se déroule sur la planète CHIMIOS, où les élèves reçoivent le mandat d'établir la classification périodique des éléments présentement connus. Ces éléments sont au nombre de 13 et le symbole de chacun est une lettre de l'alphabet grec. Les symboles sont attribués par ordre de découverte; ainsi, le premier élément découvert a comme symbole la lettre α et se nomme alpha. La classification doit permettre de prévoir les propriétés périodiques de nouveaux éléments.

- Le tableau qui suit (p. 75) indique les propriétés connues de 13 éléments de la planète CHIMIOS. Établir une classification périodique. Il est à noter que tous ces éléments sont solides.
- Quel paramètre permet d'établir les colonnes du tableau périodique de Chimios?
- Quel paramètre permet d'établir les rangées de ce tableau?
- Vérifier la périodicité de chacun des paramètres.
- Présenter le tableau de classification périodique en indiquant le symbole de chaque élément et ses propriétés.
- S'il y a lieu, déduire les propriétés des éléments manquants dans cette classification et donner à chacun un nom, un symbole et une couleur.
- Estimer la masse molaire atomique et la masse volumique d'un nouvel élément solide de couleur jaune très pâle.

- Quelles sont les propriétés d'un nouvel élément solide d'un bleu très foncé?
- Quelle est la couleur possible d'un élément de masse molaire atomique de 17 g/mol et de masse volumique de 1,38 g/cm³?
- Si, un jour, quelqu'un découvrait un nouvel élément solide de couleur turquoise, où serait-il placé dans cette classification périodique? Ce nouvel élément permettrait-il de prévoir l'existence d'autres nouveaux éléments? Si oui, quelles en seraient les propriétés?

Le tableau périodique de CHIMIOS

Ordre de découverte (g/mol)	Masse moléculaire atomique	Couleur (g/cm³)	Masse volumique
1	23	jaune or	2,24
2	18	rouge brique	1,40
3	10	bleu marine	1,00
4	32	vert clair	3,19
5	13	jaune foncé	1,25
6	28	violet moyen	2,53
7	25	orange	2,34
8	15	orange foncé	1,35
9	38	violet clair	3,51
10	20	bleu ciel	2,00
11	33	jaune citron	3,23
12	12	vert foncé	1,20
13	18	violet foncé	1,50

Discussion

- Points communs entre le tableau de Mendeleïev et celui sur Chimios.
- Rappel historique sur le tableau de Mendeleïev et ses prévisions pour les éléments manquants, les «trous» de sa classification.

Stratégie

Introduire l'activité par une discussion sur les paramètres de quelques classifications, comme un mois de calendrier, une collection de pièces de monnaie, de timbres, la disposition de la marchandise dans un supermarché...

Conception et rédaction

Réal Cantin et Laurent Chénard

Référence

CANTIN, Réal et Laurent CHÉNARD. Chimie raisonnée, Ottawa, Renouveau Pédagogique, 1989.

10 Produits laitiers

Mythe
Les déductions logiques que l'on se fait dans la compréhension de notre environnement constituent une référence sûre pour poser une hypothèse avant l'expérimentation.

Anti-mythe
Nos conceptions antérieures, souvent fondées sur des perceptions sensorielles, peuvent constituer des obstacles à l'acquisition de connaissances.

Objectif de l'activité
Prendre conscience que les conceptions antérieures peuvent mener à des déductions erronées.

Matériel requis
Lait 2%, crème 10%, 15%, 35%, bécher, pipettes, balance

Contenu théorique
La notion de masse volumique

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
1. Formuler une hypothèse sur la variation de la masse volumique de produits laitiers ayant des pourcentages croissants de matières grasses (lait 2%, crème 10%, 15%, 35%) et justifier.

2. Sachant que la masse volumique d'un liquide peut être déterminée en mesurant la masse d'un volume connu de ce liquide, prendre les mesures nécessaires à la détermination de la masse volumique de ces produits laitiers.

3. Calculer les masses volumiques de chacun de ces liquides.

4. Confirmer ou infirmer l'hypothèse de départ.

5. Interpréter les résultats.

Discussion
La majorité des élèves s'attend à ce que la masse volumique augmente avec le pourcentage de matières grasses. Dans ce cas, le fait d'observer que leur hypothèse se voit infirmée suscite un questionnement et une réflexion favorables à l'assimilation du concept de masse volumique. À

ce moment seulement, l'enseignant ou l'enseignante peut énoncer et défaire le mythe abordé au cours de cette activité.

Stratégie
Ne fournir aucun indice quant à la diminution de la masse volumique avec l'augmentation de matière grasse des produits laitiers.

Notes/commentaires
Il peut sembler paradoxal de dire, d'une part, que nos connaissances antérieures peuvent nous induire en erreur («Produits laitiers»), que la perception peut fausser l'interprétation («La couleur») et, d'autre part, que l'observation des faits oriente la connaissance scientifique («J'écoute, je sens, je regarde et je touche avec mes idées»). Il importe de considérer les connaissances antérieures comme étant des outils utiles à l'interprétation des faits et à l'acquisition de connaissances scientifiques; cependant, il faut veiller à ne pas confondre des connaissances différentes ou inappropriées; de plus, il importe de faire preuve de vigilance quant à nos perceptions, car celles-ci peuvent se trouver erronées.

Conception et rédaction
- Collectif de chimie, cégep de Limoilou
- Réal Cantin et Laurent Chénard, cégep de Rimouski

11 Science neutre et objective

Mythe
L'enseignement de la mathématique et des sciences de même que l'activité scientifique sont empreints de neutralité et d'objectivité.

Anti-mythe
- L'enseignement de la mathématique et des sciences peut être associé au processus de sélection sociale, à la transmission des stéréotypes sexistes et au maintien de la croyance en des règles immuables.
- L'activité scientifique se joue librement grâce à la confiance qu'on accorde à la démarche scientifique en raison de ses méthodes objectives.

Objectif de l'activité
Comprendre les mécanismes par lesquels certaines valeurs sont véhiculées dans l'enseignement.

Matériel requis
Texte déclencheur: «La mathématique et les sciences... neutres et objectives?». (p. 79-80)

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Après avoir lu le texte suggéré, les élèves répondent aux questions suivantes:

1. Identifier trois phénomènes en rapport avec l'enseignement de la mathématique et des sciences, qui permettent de contrer le mythe de la neutralité et de l'objectivité.
2. En quoi peut-on relier l'enseignement de la mathématique et des sciences:
   — au processus de sélection sociale?
   — aux stéréotypes sexistes?
   — à la croyance en l'absolutisme de la science?
3. À quoi peuvent être attribuées la chimiophobie, la mathophobie ou toute autre phobie analogue?
4. Nommer des applications technologiques démontrant que l'activité scientifique n'a pas toujours été orientée de façon impartiale.
5. Comment expliquer cette confiance crédule en l'activité scientifique? Les experts scientifiques possèdent-ils la clé de tous les maux de l'humanité?
6. La croyance que l'enseignement de la mathématique et des sciences de même que l'activité scientifique sont empreints de neutralité et d'objectivité: s'agit-il d'une réalité ou d'un mythe entretenu sans fondement?

LA MATHÉMATIQUE ET LES SCIENCES: NEUTRES ET OBJECTIVES?*

Neutralité et objectivité... Les deux grands «commandements» de la science, croit-on. Est-ce vrai? Fondé?

On peut se demander si la mathématique et les sciences sont aussi neutres et objectives qu'on le prétend. L'enseignement de la mathématique et des sciences comporterait-il un autre objectif que l'acquisition de certains concepts et d'une rigueur de raisonnement?

L'enseignement de la mathématique et des sciences en général entraîne tout un ensemble de conséquences, souvent négatives sur le plan des attitudes et des valeurs: processus de sélection sociale, stéréotypes sexistes, conformisme, croyance en l'absolutisme de la science.

La mathématique et les sciences suscitent une appréhension très émotive chez beaucoup de gens. Rien d'étonnant à cela. Par l'importance que ces matières occupent dans le curriculum, elles sont des instruments privilégiés de sélection.

En effet, dans notre société dite technologique, la réussite ou l'échec dans les disciplines scientifiques détermine qui seront les élus ou les exclus de la réussite scolaire et souvent, par voie de conséquence, de la réussite sociale. Il semble que ce processus de sélection soit perçu de façon très aiguë par les élèves, chez qui naissent très vite des attitudes défaitistes quant à la perception qu'ils ont d'eux-mêmes et de leurs capacités, ce qui va même jusqu'à influencer l'acquisition d'autres disciplines. Ainsi, les élèves qui ne réussissent pas dans les disciplines scientifiques ont l'impression qu'on s'occupe moins d'eux à l'école, qu'on les encourage peu à donner le maximum d'eux-mêmes.

Ce qui complète assez tristement ce tableau du rôle sélecteur des sciences et des mathématiques, c'est que ceux et celles qui échouent proviennent en plus grand nombre de milieux socialement défavorisés. Il apparaît évident que la sélection scolaire reproduit les inégalités sociales. Et il est incontestable que les sciences et la mathématique contribuent pour une large part à cette sélection. Il y a donc de quoi s'interroger sur la supposée neutralité sociale de ces disciplines.

La mathématique et les sciences contribuent en outre à la transmission des stéréotypes sexistes. Cela semble étrange pour des disciplines qui se veulent «objectives». Pourtant, à l'école, la mathématique et les sciences continuent à être perçues comme des disciplines masculines, pour lesquelles les filles seraient moins douées.

On observe en particulier qu'une nouvelle différenciation sexuelle se construit très tôt à partir de l'enseignement de la mathématique. Or, en faisant naître l'idée que les garçons sont plus «naturellement» portés vers la mathématique et les sciences, on prétend, par le fait même, qu'ils sont plus aptes à exercer des professions scientifiques, celles qui, comme par hasard, sont les plus rémunératrices.

La mathématique transmet aussi, sous le couvert de la rigueur, des valeurs qui sont avant tout morales et arbitraires. Le langage mathématique foisonne en effet d'expressions comme «il faut», «on doit», «on n'a pas le droit». Il s'agit en fait de conventions destinées à l'enseignement de la mathématique, et si on les transgresse, on risque de faire face à des problèmes d'indétermination. Ce qu'on ne dit pas cependant, c'est que le mathématicien se permet de transgresser ces interdits et que c'est peut-être là, justement, que réside l'essence même de la création mathématique.

Mais on continue à axer l'enseignement sur des règles à suivre, des théorèmes à respecter, etc. Bref, on présente toujours la mathématique et les sciences comme reposant sur l'autorité et la discipline. Plutôt que d'encourager la création, on inculque ainsi à l'élève un certain modèle de fonctionnement fondé sur la hiérarchie des rôles et le respect des lois immuables.

Des études sur les attitudes (celles de Husen, entre autres) laissent d'ailleurs entendre que ce n'est peut-être pas l'esprit que l'apprentissage de la mathématique et des sciences contribue à développer, mais plutôt une certaine discipline sociale, qui détermine pour chacun la place qu'il doit occuper dans la société.

Enfin, les sciences et la mathématique constituent les piliers de la société technologique et servent à justifier, comme allant de soi, des choix de société qui sont pourtant politiques et arbitraires.

Aussi, les sciences et les technologies sont entourées d'un halo de vérité et de rationalité qui fait que les décisions et les orientations qu'elles inspirent devien-

nent difficilement contestables. En conséquence, peu de gens remettent en question le bien-fondé du «développement technologique».

Pourtant, nous avons des raisons de douter de la «rationalité» d'un tel développement. Depuis Hiroshima, nous savons que la science peut engendrer de terribles instruments de destruction. Plus près de nous, nous avons vu comment certaines technologies ont engendré des catastrophes écologiques. Nous nous sommes rendu compte que le «progrès technologique» pouvait avoir des conséquences néfastes sur notre qualité de vie.

On peut rétorquer que la science n'est en soi ni bonne ni mauvaise et que son impact sur la société dépend des applications qu'on lui donne. Mais c'est peut-être éluder trop vite le fait que, dès ses débuts, la science a servi les besoins des entreprises militaires des grands seigneurs et des entreprises industrielles de la bourgeoisie.

La démarche scientifique peut très bien se présenter comme une tentative innocente pour «connaître et expliquer rationnellement le monde», mais elle est inséparable d'un état d'esprit pour lequel comprendre le monde, c'est le conquérir.

Par ailleurs, la science tend à s'imposer comme savoir dominant, excluant presque toutes les autres formes de savoir. À preuve, les scientifiques sont de plus en plus amenés à se prononcer comme «experts» dans tous les domaines. Un peu considérés comme les seuls détenteurs du «Savoir», ils n'ont de compte à rendre à personne. C'est en ce sens qu'on dit que la science est élitiste.

Faisant la promotion d'un mode de pensée qui prétend trouver des explications rationnelles à tous les phénomènes et même à tous les événements qui touchent l'être humain, la science exclut donc des rapports sociaux tout ce qui est profondément humain: le désir, l'amour fou, l'angoisse de la mort, le questionnement sur le sens de la vie.

---

* Ce texte a été rédigé par *Média-Science* à partir des ouvrages suivants:

AUBÉ, Michel. Les impacts sociaux et politiques des mathématiques, Conférence de clôture donnée au congrès de l'Association mathématique du Québec, Drummondville, 1984.

BLANC, Marcel. L'état des sciences et des technique. La science, ni bonne, ni mauvaise?, Montréal, Boréal Express, 1984.

12 Fraude en science

Mythe
La science est garante d'objectivité, donc à l'abri de toute supercherie.

Anti-mythe
De l'illusion à la supercherie, il n'y a qu'un pas. On peut les considérer comme les deux extrêmes d'un continuum sur lequel se retrouvent toute forme de pratique plus ou moins obscure.

Objectif de l'activité
Découvrir la réalité de la fraude scientifique.

Matériel requis
Texte déclencheur: «La fraude en science: une pratique fréquente». (pp. 82 à 83).

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Après avoir pris connaissance du texte déclencheur «La fraude en science: une pratique fréquente», les élèves peuvent discuter à partir des questions suivantes:

1. Quels sont les délits les plus fréquents lorsqu'on entend parler de fraude scientifique?
2. De quelle supercherie Millikan s'est-il servi afin de faire prévaloir sa théorie?
3. Qu'est-ce qui peut inciter certains chercheurs à maquiller leurs découvertes ou à inventer des résultats?
4. Comment réagit l'establishment scientifique lorsque des fraudes sont divulguées?
5. Qu'est-ce qui laisse croire que toutes les personnes scientifiques sont honnêtes et que la fraude est inexistante dans la communauté scientifique?
6. La reproductibilité des expérimentations constitue-t-elle un moyen sûr de prévenir la fraude?

LA FRAUDE EN SCIENCE: UNE PRATIQUE FRÉQUENTE*

La fraude en science constitue la négation même du but fondamental de tout chercheur: la quête de la vérité. Cette pratique est cependant courante, et «il n'existe qu'une différence de degré entre «bricoler» des données et inventer une expérience à partir de rien».

On s'imagine en effet trop souvent que l'expression «fraude scientifique» désigne l'invention pure et simple de résultats, mais c'est probablement la forme la plus rare de contrefaçon. «Améliorer les résultats, les rendre plus «croustillants», plus décisifs, sélectionner les meilleures données pour publication, en oubliant celles qui ne marchent pas», constituent en fait les délits les plus fréquents.

Arrondir les angles - desservir la vérité

Au début du siècle, le chercheur américain Millikan obtint le prix Nobel de sciences. Il est maintenant reconnu que, quelques années auparavant, ce scientifique avait arrondi les angles de ses observations afin de faire prévaloir ses théories en matière de mesures électriques.

Retrouvés plus tard, les carnets personnels de Millikan commentaient ainsi les observations de ses expériences: «Beauté, publier sûrement!» ou au contraire «Très bas, quelque chose ne va pas!» Quand vint le temps de diffuser ses résultats, Millikan «oublia» près de la moitié de ses constatations, par hasard celles qui ne servaient pas sa théorie.

Ce genre d'irrégularité ne fait apparemment pas sursauter les scientifiques. En 1980, une enquête provocatrice fut menée auprès d'ingénieux chimistes. On les interrogea sur ce qu'ils feraient si un patron leur demandait d'inventer des données et de produire un rapport menant à des conclusions opposées au réel. Seulement 42% d'entre eux ont estimé qu'il fallait refuser catégoriquement ce procédé contraire à la déontologie. La plupart des chimistes optaient pour des compromis allant dans le sens des désirs exprimés par leur chef.

Un contexte qui valorise le résultat rapide

Ces réactions ne sont étonnantes qu'à moitié, si l'on considère que les scientifiques travaillent de plus en plus à l'intérieur «d'une structure carriériste qui ne récompense que les succès tangibles et bien souvent éphémères. Rares sont en effet les scientifiques qui veulent laisser à la postérité le soin de juger de leurs travaux»; encore plus rares sont ceux qui, comme Galilée, Darwin ou Mendel, ont les moyens de ne pas se soucier de gagner leur vie.

Dans ce contexte calqué sur la société globale, la fraude scientifique s'épanouit d'autant mieux que le contrôle des systèmes internes le permet. Malgré certains gestes posés dans le milieu scientifique, comme la nomination d'un «commissaire aux pratiques frauduleuses» au National Institute of Health (E.U.), la science n'exerce pas vraiment ce qu'elle annonce comme sa propre police. En 1976, 92 % des 200 lecteurs du *New Scientist* interrogés ont déclaré avoir eu connaissance directement ou indirectement de cas de fraudes. Et, comme dans les icebergs, ce n'est pas la partie visible qui est dangereuse, mais celle bien plus grande, que l'on ne voit pas.

L'establishment scientifique réagit généralement à la divulgation des fraudes en qualifiant les coupables de fruits véreux. Dès lors qu'elle qualifie les fraudeurs «d'individus perturbés» ou «égarés», la communauté scientifique ne remet donc pas en cause les mécanismes institutionnels par lesquels elle est censée exercer ses propres contrôles. La vérifiabilité des résultats, leur examen minutieux par des experts, la soumission de l'activité scientifique à une rigoureuse surveillance garantissent, semble-t-il, la fiabilité de la science.

Reproductibilité? Mon œil!

Dans ce mode d'emploi idéalisé, la théorie de reproductibilité des expérimentations est présentée comme «la barrière réputée infranchissable pour la fraude». La pratique s'avère cependant différente. Plusieurs motifs s'opposent en effet à la reproduction exacte d'une expérience et expliquent que ce mécanisme de contrôle ne s'exerce pratiquement pas. Parmi ces raisons, notons d'abord la présentation, par les chercheurs, de la recette incomplète: l'omission de petits détails techniques souvent décisifs pour la réussite de l'expérience. Le manque de ressources empêche aussi souvent un chercheur de se lancer dans une vérification dont il ne retirera aucun résultat intéressant. L'insuffisance de motivation constitue cependant la raison principale et les scientifiques ne refont généralement l'expérience d'un rival ou d'un collègue que lorsqu'ils pensent pouvoir l'améliorer.

Contrairement à ce qu'avance donc le milieu scientifique, les racines de la fraude scientifique pourraient bien se trouver dans le panier, plutôt que simplement dans certains fruits.

---

*Ce texte a été rédigé par *Média-Science* à partir des ouvrages suivants:

BROAD, William et Nicholas WADE. (1985) La souris truquée: Enquête sur la fraude scientifique. Paris, Seuil, 1987.

BARRIÈRE, Martine. «La fraude: une pratique courante en sciences de la vie» dans La recherche, février 1988, pp. 240 à 244.

13 Non-finitude de la science

Mythe
«La science nous rapproche graduellement de la vérité.»

Anti-mythe
«Le progrès de la science ne consisterait pas à dévoiler la réalité, à s'approcher asymptotiquement de la vérité, mais plutôt à construire des modèles et théories qui forment des explications plus puissantes dans la mesure où elles permettent de meilleures prédictions, mais également et peut-être surtout parce qu'elles permettent de formuler davantage de questions.»

Objectif de l'activité
Comprendre le processus de l'évolution de la connaissance.

Matériel requis
Texte déclencheur: «Le rationalisme abusif». (pp. 85 à 86)

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
À l'aide du texte déclencheur d'idées «Le rationalisme abusif», les élèves tentent de répondre ensemble aux questions suivantes:

1. Est-ce que la science progresse unidirectionnellement ou bien selon une structure arborescente? Expliquer.

2. La conception du modèle atomique a évolué pour en arriver au modèle probabilistique actuel. S'agit-il enfin du «vrai» modèle?

3. Le processus de l'évolution de la connaissance pourrait-il se terminer bientôt, puisque le progrès scientifique permet de pénétrer progressivement dans le monde de l'infiniment petit?

4. Que penser des scientifiques qui affirment avoir «vu» des atomes à l'aide d'appareils conçus à partir de la technologie avancée (microscope à balayage électronique)?

LE RATIONALISME ABUSIF*

Que la science nous rapproche graduellement de la vérité

Plus on a tendance à se représenter la réalité comme une totalité repliée sur elle-même, ayant son ordre nécessaire, fixé d'avance, prédéterminé, un ordre caché qu'il s'agit seulement de dévoiler, plus on a tendance à considérer la science comme un édifice ayant acquis dans le passé ses fondations ultimes, et auquel le temps qui court permet d'ajouter peu à peu des étages. La science, dans l'histoire, serait ainsi une accumulation de faits bien établis et un cumul incessant de représentations successives de ces faits, les unes, à savoir les plus récentes, étant plus assurées que les autres. La connaissance scientifique équivaudrait donc à un dévoilement, processus lui-même transparent, d'une vérité opaque, chaque épisode marquant le relais d'une opinion d'abord préjugée vers une opinion de mieux en mieux informée. Sous prétexte qu'elle est historiquement ininterrompue depuis Babylone, la conquête du vrai se ferait sans ruptures, sans changements brusques, sans mutations soudaines: cette conquête serait continue parce que cumulative.

Nous qualifions cette position épistémologique de rationalisme abusif. Que l'histoire effective des sciences puisse être vraiment racontée comme l'amélioration graduelle de nos opinions sur le réel, depuis ce que les Grecs appelaient *doxa*, ou opinion commune le plus souvent sans fondement, jusqu'à ce qu'ils baptisèrent *épistémé*, ou savoir véritable, on en prend habituellement pour preuve l'amélioration de nos conditions de vie par le biais des retombées technologiques, elles-mêmes fruits de nos sciences appliquées. Les sciences appliquées seraient au niveau pratique la conquête de ce que seraient les sciences fondamentales au niveau théorique: après avoir compris comment, au fond, les choses se passent réellement, nous aurions le loisir de démontrer cette absolue maîtrise dans le domaine des apparences sensibles et des choses d'utilité courante. Ainsi, la preuve que la biochimie dit vrai, c'est, entre autres, la pharmacie. La preuve que, d'Hippocrate à Hans Selye, la médecine s'est grandement améliorée, c'est que nous vivons plus vieux et mieux maintenant. La preuve que l'atomisme de Bohr est en progrès sur celui d'Épicure, c'est Hiroshima et Nagasaki.

Laissons tomber pour l'heure les problèmes éthiques et sociopolitiques d'une telle position et concentrons-nous plutôt sur son interprétation proprement épistémologique: demandons-nous alors si l'activité scientifique est accumulation continue des faits d'observation et continuation cumulative d'une seule et même grande théorie par l'addition à l'ensemble de départ d'idées nouvelles ayant fait leurs preuves sur le plan pratique.

La cueillette de données n'a, comme telle, aucun sens indépendamment de leur interprétation possible et, nous l'avons déjà souligné, à moins d'avoir au préalable esquissé, tout au moins à titre heuristique, le cadre conceptuel qui permettra l'interprétation, l'empirisme candide de la collecte des faits bruts ne rime à rien. La cueillette de données ne se fait pas seulement en fonction d'un cadre théorique mais dans la perspective avouée d'en tester la solidité et de faire voir sa propre compétence de chercheur à utiliser avec succès ce cadre théorique dans la résolution de problèmes. Ce qui compte avant tout en science, ce sont les idées qu'on a sur les faits dont on dispose, et non pas les données qu'on a sans les concepts qui en rendraient compte.

Or, les systèmes d'idées scientifiques sont contextuellement dépendants et c'est le plus souvent au prix d'un anachronisme et par illusion rétrospective que la science d'autrefois et celle d'aujourd'hui se télescopent. Il y a une différence appréciable entre faire de la science pour démontrer l'existence de Dieu et faire de la science pour maîtriser son environnement. De plus, chaque époque a ses tabous, que l'on pense à Aristote en exil, à Giordano Bruno sur son bûcher, à Galilée à genoux, à Darwin anathémisé, à Freud ignoré, etc. S'il y a une continuation du travail scientifique d'une époque à l'autre cela ne veut pas dire que la transmission de l'information se fait sans perte et que la démarche est linéaire. Ce qui crée l'illusion (non pas que, quantitativement parlant, nous savons plus de choses mais bien que nous connaissons mieux maintenant ce que d'autres avant nous prétendaient savoir) c'est le processus par lequel, à chaque époque, nous refaisons nos manuels et nous réécrivons l'histoire de la discipline, laissant de côté aussi bien ce qui ne semble être que scories que ce qui ne mène pas droit au but, réinterprétant tout le passé en fonction du présent, départageant de la sorte la «science périmée» de la «science sanctionnée» (selon des expressions utilisées par Gaston Bachelard).

La science n'est pas une activité de connaissance qui progresse unidirectionnellement, sans possibles retours

en arrière. Elle a plutôt une structure arborescente, et plusieurs branches ne mènent à rien tandis que d'autres sont longtemps fertiles. Mais rien n'assure quiconque que la branche choisie de l'alternative ne s'avérera jamais, tout compte fait, être une impasse. Le cas échéant, des révisions déchirantes peuvent s'imposer, qu'on les fasse soi-même ou que d'autres s'en chargent. Admettons donc qu'il y a rupture du phlogistique de Priestly à l'oxygène de Lavoisier, qu'il y a renversement de perspectives du transformisme de Lamarck à l'évolutionnisme de Darwin, qu'il y a une sorte de saut quantique de F=MA à e=mc².

*Robert NADEAU et Jacques DÉSAUTELS. Épistémologie et didactique des sciences, Conseil des sciences du Canada, 1984, pp. 53 à 55.

14 Aspect humain de la démarche scientifique

Mythe
Les chercheurs sont des êtres capables d'objectivité au point qu'ils peuvent utiliser la méthode scientifique sans subir l'influence de leur nature humaine.

Anti-mythe
La motivation et la passion font partie intégrante de la personne humaine. Ainsi, les femmes et les hommes pratiquant la méthode scientifique sont moins objectifs qu'on le laisse croire. Lorsqu'ils interprètent leurs données, ils vont souvent conclure d'après une idée préconçue, parfois même un préjugé qu'ils peuvent avoir en amorçant une recherche.

Objectif de l'activité
Prendre connaissance de la condition humaine de la société scientifique.

Matériel requis
Texte déclencheur: «La méthode scientifique et la condition humaine» (pp. 88 à 89)

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Les élèves procèdent à la lecture du texte «La méthode scientifique et la condition humaine», après quoi ils peuvent répondre aux questions suivantes:

1. En quoi consiste la démarche scientifique?
2. Une formation rigoureuse à l'observation objective permet-elle de former des personnes scientifiques dénuées de sentiments?
3. Comment la résistance des scientifiques aux idées nouvelles (changements de paradigmes) contredit-elle la supposée objectivité attribuée aux chercheurs?
4. Comment les illusions et les préjugés peuvent-ils déjouer les scientifiques?
5. Comment le domaine des publications vient-il perpétuer le mythe de l'objectivité des chercheurs?

LA MÉTHODE SCIENTIFIQUE ET LA CONDITION HUMAINE*

Théoriquement, la vérité découle de la science, dont le processus purement logique et la démarche rigoureuse garantissent l'objectivité. Pourtant, les principaux protagonistes de la science sont d'abord des hommes et des femmes dotés d'une condition humaine qui n'est pas absolument logique, rigoureuse et objective. Malgré certains mythes, la science est donc à l'image de l'être humain: vulnérable et faillible.

Maints exemples confirment que le scientifique est d'abord un être humain confronté à ses propres croyances et à ses propres contradictions. Jusqu'en 1960, les géologues et les géophysiciens ont refusé d'admettre la dérive continentale mise en évidence dès 1922 par le météorologue allemand Wegener. Au début du siècle, toute une génération de scientifiques anglais s'est laissée berner par un crâne de singe maquillé, qui les confortait dans l'idée que le tout premier homme était bel et bien anglais. Dans un autre domaine, les expériences scientifiques de chercheurs célèbres du XIX^{e} siècle établissaient une échelle de valeurs intellectuelles à partir des paramètres crâniens des individus: les mâles de race blanche occupaient, comme par hasard, le haut de cette gamme.

La vénération d'un mythe

Malgré ce genre d'inepties aujourd'hui évidentes pour le commun des mortels, la science est l'objet d'une grande vénération dans la société occidentale. Dans un sens, elle remplit le rôle joué par les mythes et les religions dans les sociétés moins développées. Les scientifiques eux-mêmes entretiennent l'idée que leur façon de penser le monde —la méthode scientifique— relève de considérations plus nobles que celles de chacun.

À ce chapitre, l'objectivité se présente comme le fondement de l'attitude scientifique, où le protagoniste est censé apprécier les faits et tester des hypothèses en faisant rigoureusement abstraction de ses propres prévisions et intérêts.

Théoriquement, la démarche scientifique constitue en effet un moyen idéal de travail. À partir de faits soigneusement définis, le scientifique formule des hypothèses qui expliquent telle ou telle particularité. Ces hypothèses doivent être testées et confirmées par une ou des expériences qui, idéalement, apporteront une confirmation ou une infirmation irréfutable. Ce va-et-vient hypothèse-expérimentation est ce que l'on appelle la *méthode scientifique*.

Les scientifiques sont cependant des êtres humains. La plupart d'entre eux croient d'ailleurs passionnément à leur travail, aux techniques qu'ils utilisent et aux théories qu'ils s'attachent à démontrer. Mais, dans notre société axée sur les résultats, comment pourraient-ils se désintéresser de l'avancement de leur carrière, des crédits dont ils ont besoin, de la reconnaissance de leur compétence et des honneurs? Si les conventions contraignent le scientifique et la scientifique à simuler le désintéressement en enfilant sa blouse blanche de chercheur ou de chercheuse, il n'en devient pas pour autant l'androïde logique de la légende scientifique.

Des passions et des humains

Passions, jalousies, préjugés, ambitions, illusions et mesquineries habitent donc l'univers des scientifiques comme celui de leurs concitoyens.

Entre les différentes révolutions intellectuelles qui se succèdent, les scientifiques sont guidés par des théories, des critères, des méthodes (formant des paradigmes) qui définissent les problèmes intéressants et ceux qui sont secondaires. Les scientifiques, les jeunes en général, qui tentent d'élargir la portée d'un paradigme font souvent face à des problèmes avec le milieu même. C'est ce qui est arrivé avec la réfutation massive du mouvement des continents. La conversion d'un paradigme à un autre, qui constitue pourtant l'essence même de l'avancement des connaissances, est toujours entourée de facteurs irrationnels et se vit souvent par les scientifiques comme une expérience traumatisante.

L'illusion individuelle et collective est également un problème qui affecte la science à tous les niveaux. Comme dans l'appréhension des situations concrètes de la vie du simple citoyen, et malgré sa formation rigoureuse à l'observation objective, le chercheur est souvent désarmé devant le désir d'obtenir un résultat particulier. L'attente d'un résultat particulier peut en effet mener à l'illusion (votre enfant n'est-il pas le plus intelligent du voisinage?), et c'est parfois toute une communauté d'illustres scientifiques qui en est victime. Le crâne de l'homme de Piltdown en Angleterre fut éloquent dans ce sens.

En ce qui concerne les préjugés qui sous-tendent les haines, les guerres et les injustices, l'échec de la méthode scientifique à fournir une protection est particulièrement déconcertante. Les théories du célèbre chercheur français Broca sur le volume de la boîte crânienne, celles de Binet et de Goddard, qui utilisaient des tests d'intelligence orientés vers des postulats semblables, expriment bien le pouvoir, dangereux parfois, des scientifiques de légitimer des idées préconçues.

Un rempart de papier

La procédure préconisée dans le domaine de l'édition scientifique —conventions, style d'écriture— contribue à perpétuer le mythe de l'objectivité des scientifiques. En effet, les publications ne laissent transparaître aucune passion, ni la motivation, ni le goût profond de réussite des auteurs.

L'article scientifique doit en effet correspondre point par point aux règles de la communication scientifique. Une expérience doit y être décrite comme si chaque étape de son protocole avait été exécutée selon les prescriptions des philosophes, c'est-à-dire de façon totalement impersonnelle. Or la réalité est toute autre; c'est même grâce à leur passion que les chercheurs peuvent *fournir* les efforts acharnés permettant de poursuivre leurs travaux.

Si le scientifique peut, en général dans le paragraphe décrivant l'état de la recherche, faire allusion de manière très formelle aux raisons pour lesquelles il a entrepris son travail, en aucun cas il ne peut évoquer l'excitation de la découverte, les fausses pistes et les espoirs divers qui ont jalonné son parcours.

Il est par contre tenu de décrire les ingrédients et les techniques qui assureront, en principe, la reproductibilité de l'expérience. Le chapitre «résultats» constitue ensuite une énumération des données fournies par les techniques énoncées. C'est enfin dans ses conclusions que le chercheur indique «comment ses données confirment, réfutent ou élargissent la théorie actuelle» et les conséquences envisageables pour la recherche à venir.

Dans cette démarche, dont le but est l'objectivité, les principes historiques fondamentaux —qui fait quoi, pourquoi et quand?— sont totalement ignorés. «La science ne veut être liée ni au temps, ni au lieu, ni à la personne.» Et pourtant!

---

* Ce texte a été rédigé par *Média-Science* à partir des ouvrages suivants:

BROAD, William et Nicholas WADE. (1985) La souris truquée. Enquête sur la fraude scientifique. Paris, Seuil, 1987.

ROGEL, Jean-Pierre. «L'intelligence existe-t-elle?», février 1980, p. 12.

NADEAU, Robert et Jacques DÉSAUTELS. Epistémologie et didactique des sciences. Conseil des sciences du Canada, 1984.

15 Mythe du génie: Mendeleïev

Mythe
Seuls certains individus exceptionnellement doués peuvent apporter une contribution à la science.

Anti-mythe
Une découverte géniale est plutôt le fruit de la patience, de la détermination et du travail acharné de plusieurs personnes —prédécesseurs, collaborateurs et collaboratrices, équipe de travail— démontrant un intérêt marqué pour un sujet donné.

Objectif de l'activité
Comprendre que les grandes réalisations scientifiques résultent souvent de la persévérance au travail et de la contribution de plusieurs hommes et femmes de science.

Matériel requis
Texte déclencheur: «L'éclair de génie». (pp. 92 à 93)

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Les élèves font la lecture du texte déclencheur «L'éclair de génie», après quoi ils échangent sur les questions suivantes:

1. Est-il vrai que l'histoire est truffée de génies qui, à tour de rôle, viennent apporter leur contribution de façon à dévoiler progressivement la connaissance?

2. À partir du texte «L'éclair de génie», reconstituer l'histoire de la classification périodique en faisant ressortir les travaux des prédécesseurs ou d'autres chercheurs qui, en parallèle, ont contribué à l'élaboration du tableau périodique de Mendeleïev.

3. Rechercher des extraits qui démontrent que le travail acharné et la patience du chercheur lui ont permis de réaliser son travail.

4. Montrer comment Mendeleïev a su passer outre le courant d'idée en vogue à l'époque (hypothèse de Prout), ce qui lui a permis d'évoluer dans sa classification.

5. Comparer la réalité historique et ce que l'on retient de l'histoire des sciences quant aux découvertes importantes.

6. Comparer l'expérience vécue des élèves apprenants et l'idée que l'on se fait de l'histoire des sciences quant aux erreurs de parcours, aux travaux infructueux, au temps mis pour progresser.

Stratégie

La question 1 peut être posée avant la lecture du texte de démythification. Après la lecture, répondre aux autres questions à l'aide du texte.

L'ÉCLAIR DE GÉNIE*

Inventer... Découvrir... Ces mots évoquent l'éclosion spontanée de l'idée géniale qui va transformer le cours des choses, voire de l'histoire. Mais n'aurions-nous pas trop tendance à oublier que Bell a été précédé de Faraday, Marconi de Hertz et Marie Curie de von Hevesy, inventeur de la méthode des traceurs radioactifs? La tentation est grande d'attribuer toute découverte à une institution géniale ou à un rêve visionnaire et prophétique. Pourtant, la réalité historique est toute autre.

Prenons le cas de Mendeleïev, par exemple. Depuis plus de cent ans, son tableau de classification périodique, qu'il a élaboré en 1869 et qui s'est bien sûr développé avec les années, domine toute la chimie. Cette classification périodique, qui a en fait donné naissance à la chimie moderne, n'a pas jailli soudain comme une étincelle dans l'esprit de Mendeleïev. Des années d'effort lui ont été nécessaires pour arriver à exprimer la loi périodique sous forme de tableau. Et s'il y est parvenu, c'est grâce aux travaux d'autres chercheurs qui tentaient eux aussi de classer les éléments chimiques et qui ont élaboré à cette fin des dizaines de tableaux.

Le rôle de ces prédécesseurs est tellement déterminant qu'on pourrait en fait attribuer la paternité du tableau périodique non seulement à Mendeleïev, mais à six chimistes qui, entre 1862 et 1869, ont progressivement construit le système périodique. Le «miracle» qui a permis de regrouper en un tableau les briques élémentaires qui forment l'univers matériel n'est, en réalité, pas du tout un miracle.

Quelles sont les étapes qui ont mené à cette réalisation qui a valu la célébrité à Mendeleïev? Jusqu'au XVIII[e] siècle, on ramenait la variété des substances aux quatre éléments fondamentaux hérités d'Aristote: la terre, l'air, l'eau et le feu. Mais voilà que les chimistes démontrent qu'il y a plusieurs sortes de terre et plusieurs sortes d'air; Lavoisier va même jusqu'à décomposer l'eau en 1783. De quatre éléments il faut rapidement passer à plusieurs dizaines et même envisager un nombre indéfini d'éléments.

Lavoisier proposa le premier un tableau, constitué de 33 substances simples, bien isolées, répertoriées et classées d'après la nature des composés qu'elles forment. Avec lui la chimie devenait une science d'analyse, fondée sur des expériences vérifiables et reproductibles.

Mais son tableau sera vite dépassé. L'électrolyse, une nouvelle technique d'analyse introduite au début du XIX[e] siècle, permet en effet de dénombrer dès 1830 au moins 50 corps simples et jusqu'à 70 dans les années 1860. La prolifération rapide des corps simples que l'on découvre vient alors enlever à la chimie la clarté qu'elle avait acquise avec Lavoisier. De nouveau, il faut tenter une classification qui rende compte de la réalité.

Les savants du XIX[e] siècle recherchent l'existence d'un élément originaire, une matière première, d'où dériveraient tous les éléments connus. Prout émet l'hypothèse de que cette matière première serait l'hydrogène. Cette théorie a joué un grand rôle dans l'histoire de la classification des éléments en imposant le poids atomique comme critère de classement. Les relations numériques entre les poids atomiques doivent permettre de tisser un réseau de familles chimiques et de former ainsi, petit à petit, l'arbre généalogique de la matière.

À partir de 1850, des dizaines de chimistes de plusieurs pays proposent des systèmes, les discutent, les corrigent. Le courant inspiré de l'hypothèse de Prout est extrêmement fécond. On s'attendrait donc logiquement à ce que le tableau périodique que nous connaissons soit issu de cette veine. Pourtant, il n'en est rien. Non seulement Mendeleïev est l'ennemi juré de l'hypothèse de Prout, mais ses deux plus proches devanciers, Newlands et Odling, y sont eux aussi opposés.

Mendeleïev refuse en bloc toutes les hypothèses d'une matière première. Convaincu de la pluralité irréductible des éléments, il cherche avec obstination à dégager de ce multiple une loi unique, qu'il veut absolument générale. Mais cette loi ne surgit pas dans son esprit par une illumination soudaine. Elle est le fruit d'une longue maturation d'au moins neuf années. Mendeleïev a en effet toujours déclaré que l'idée de la périodicité lui était venue au premier grand congrès de chimie de Karlshruhe, en 1860, après lequel il s'est livré à un examen théorique approfondi de la chimie.

Cette mise au point l'amène à établir une distinction fondamentale entre *corps simple* et *élément*, distinction qu'il souligne dans l'énoncé même de la loi périodique: «Les propriétés des corps simples et composés dépendent d'une fonction périodique des poids atomiques des éléments pour la seule raison que ces

propriétés sont elles-mêmes les propriétés des éléments dont ces corps dérivent.»

En insistant sur cette distinction entre *corps simple*, associé à l'idée de molécule, et *élément*, lié à l'idée d'atome, Mendeleïev n'a pas seulement introduit une précision de vocabulaire; il a redessiné tout le paysage de la théorie chimique, qui a évolué d'une problématique de la composition vers une problématique de la combinaison.

Ce parcours effectué par Mendeleïev est perceptible dans son manuel *Les principes de chimie*, dont la conception a mené à la découverte de la loi périodique et où apparaît le tableau de classification des éléments. Au lieu de reprendre l'ensemble du texte en fonction du tableau, Mendeleïev a préféré lui ajouter des notes en bas de page qui au fil des années et de ses travaux, ont fini par prendre plus de place que le texte original.

Ce qui transparaît dans cette genèse du tableau de Mendeleïev, c'est l'ampleur du travail de maturation auquel le chercheur s'est livré, ainsi que tout le travail de réflexion et de recherche qui a précédé. Transparaît également le rôle essentiel qu'ont joué tous les prédécesseurs et les contemporains de Mendeleïev, à partir de Lavoisier jusqu'à Meyer. Mendeleïev l'a lui-même reconnu : «Vers 1860, le terrain était déjà tout préparé pour cette loi...»

En 1864, Cannizaro est parvenu à un véritable système et il a énoncé, en 1865, la «loi des octaves», selon laquelle les propriétés se répètent à tous les sept éléments, à la manière des tons dans la gamme musicale. Newlands, de son côté, est le premier à avoir fait des prévisions d'éléments. La même année, Odling a formé un système plus complet, qui comptait 57 éléments et était plus fidèle que les précédents à l'ordre de croissance des poids atomiques. Odling a aussi laissé des places vacantes pour des éléments à découvrir: sa démarche était donc proche de celle de Mendeleïev. Plus proches encore sont les travaux de Meyer qui, en 1868, établit un véritable système périodique de tous les éléments connus. Mais l'originalité de Mendeleïev est d'avoir anticipé les propriétés des éléments à venir.

Le tableau de Mendeleïev n'est donc pas le fruit d'une découverte, ni d'une prophétie, mais plutôt le résultat d'un long et patient travail de systématisation des connaissances de l'époque.

Pourtant, ce que l'on retient trop souvent dans l'histoire des sciences, ce sont les grands noms, ceux des savants qui, prenant le relais d'une longue chaîne, ont porté jusqu'au sommet le flambeau d'une découverte. Et on laisse dans l'ombre des hommes et des femmes de science dont les travaux ont été déterminants pour cette découverte.

Même si nous sommes aujourd'hui plus conscients que la plupart des découvertes contemporaines sont le fait de travaux d'équipes, ce vedettariat est encore très répandu. Qui parle des collaborateurs et des collaboratrices des Dr Gallo et Montagnier, sans qui ni l'un ni l'autre ne pourraient aujourd'hui revendiquer la découverte du virus du SIDA? Etonnamment, l'image qui nous est transmise des grandes réalisations de la médecine fait peu de place aux multiples hésitations, fausses pistes et essais infructueux qui, petit à petit, mènent à la réussite. Qui ne se souvient pas du professeur Barnard et de sa réalisation de la première transplantation cardiaque? Mais parle-t-on assez des autres cardiologues auprès desquels il a travaillé pendant des années aux États-Unis et qui lui ont, en quelque sorte, pavé la voie? Parle-t-on assez des piétinements et des nombreux échecs qui ont marqué l'histoire des opérations cardiaques pendant de longues années?

---

* Ce texte a été rédigé par *Média-Science* à l'aide de l'ouvrage suivant:

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette. «La genèse du tableau de Mendeleïev» dans La recherche, octobre 1984, pp. 1206 à 1216.

16 Perception de la science par les élèves

Mythe
Les élèves perçoivent l'activité scientifique de façon réaliste.

Anti-mythe
La pédagogie présente une science pure, imperméable au contexte culturel, social ou économique et des scientifiques infaillibles, dépourvus de sentiments. L'histoire des sciences est habituellement enseignée comme résultant du passage successif d' êtres surdoués ayant apporté à tour de rôle leur contribution. Et exceptionnellement, les applications technologiques sont présentées comme étant le prolongement de la science enseignée en classe.

Objectif de l'activité
Développer une vision réaliste du monde des sciences.

Matériel requis
Texte déclencheur: «La cage aux boules». (pp. 96 à 99)

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Le texte déclencheur d'idées «La cage aux boules» est présenté aux élèves qui en font une lecture sommaire; après quoi, les questions suivantes leur sont posées:

1. Comment la science agit-elle sur la société?

2. La société influence-t-elle la science?

3. Quels sont les individus ou les facteurs sociaux susceptibles d'influencer l'orientation de la recherche?

4. Existe-t-il un lien entre la recherche militaire et la recherche spatiale?

5. Que penser des manipulations génétiques permettant la fabrication d'êtres humains sur mesure?

6. Les programmes de sciences permettent-ils de discuter en classe des applications technologiques de la science et des impacts sociaux qui en résultent? Est-il possible d'échanger sur des sujets d'actualité à caractère scientifique?

7. Comment la science et les scientifiques sont-ils perçus par la population étudiante? Quelle image du monde scientifique est habituellement véhiculée par les enseignants et enseignantes?

LA CAGE AUX BOLLES*

Le progrès est aveugle, l'équation mathématique valide tout, les scientifiques sont infaillibles: pour certains adolescents de la fin du secondaire, les sciences, c'est encore de la science-fiction.

Tenant dans chaque main une pesée métallique, l'une de 20 grammes et l'autre de 200 grammes, Éric, 16 ans, étudiant en secondaire 5, s'apprête à mettre sa théorie à l'épreuve. À la demande de Françoise Ruel, chercheuse à l'Université Laval, il décrit ce qui se produira lorsqu'il laissera tomber les deux poids: «le plus lourd touchera le sol le premier!» Fort de sa réputation de «bollé» en physique, Éric étaye ensuite ses dires par une formule-choc: F=ma. L'explication des termes de la formule soulève cependant quelques difficultés: «La masse, c'est le poids, non pas vraiment le poids... plutôt la matière...»

À présent, Éric passe aux actes. Il ouvre les mains... Les deux pesées touchent le sol au même moment! Rire gêné. Comme une douzaine de ses compagnes et compagnons qui ont été interrogés et qui, sans exception, ont affirmé que la pesée la plus lourde allait devancer la plus légère, Éric cherche l'erreur. Le brillant élève est à la fois déçu de lui-même, étonné et frustré de ne trouver aucune explication adéquate à un phénomène quotidien alors qu'il a déjà réussi six cours de science au secondaire!

Les malheurs d'Éric illustrent bien l'effet que font les études réalisées jusqu'à ce jour par le Groupe de recherche sur la culture scientifique (GRCS) de l'Université Laval: elles dérangent! Les résultats de cette petite équipe de la Faculté des sciences de l'éducation, codirigée par Jacques Désautels et Marie Larochelle, troublent ceux-là mêmes qui passent sous la loupe du GRCS: les professeurs de sciences au secondaire et leurs élèves, ainsi que les personnes qui mettent au point les programmes d'enseignement. D'une façon plus large c'est toute la communauté qui est interrogée puisque ces études font ressortir le portrait stéréotypé de la science (pure) et des scientifiques (infaillibles) que véhicule l'école d'aujourd'hui.

Le GRCS ne se limite pas cependant à ébranler les convictions des uns et des autres. Il propose que le système québécois prenne le meilleur des réformes effectuées en Angleterre et aux États-Unis: là-bas, depuis le début des années 80, développer chez les élèves une vision sociale de l'activité scientifique figure parmi les objectifs officiels des cours de science. En attendant la réforme —si réforme il y a—, l'équipe met au point et évalue de nouveaux outils pédagogiques qui vont dans ce sens.

Des drôles d'idées sur la science

La plus récente recherche du GRCS porte sur l'image que se font de la science les élèves qui terminent leur cours secondaire.

La centaine de jeunes rencontrés étaient âgés de 15 à 17 ans; plusieurs d'entre eux envisageaient de s'inscrire en sciences de la santé au collégial. Ils ont présenté en vrac aux chercheurs du GRCS un chapelet d'idées parfois naïves, plus rarement critiques, sur la science et les scientifiques. Selon eux, seuls certains individus exceptionnels élaborent les grandes théories et ont droit au titre de scientifiques; la science elle-même est constituée uniquement de lois décrivant parfaitement les mécanismes de l'univers; et n'accède au rang de notion scientifique que ce qui peut, la plupart du temps, se traduire en équations mathématiques présumées irréfutables.

Selon les membres de l'équipe, cette représentation fait que les élèves intègrent mal des concepts qu'aucun lien ne rattache à leur quotidien et, par la suite, ils ne peuvent exercer leur rôle critique de citoyens à l'égard de tout énoncé que l'on dit -vocabulaire spécialisé et chiffres à l'appui- «scientifique». Pour ceux qui envisagent une carrière en science, le contact avec la réalité risque d'être difficile!

Bien sûr, cette image de la science ne leur a pas été sciemment inculquée en classe et n'a fait l'objet d'aucun examen de fin d'année! Mais, soutient Jacques Désautels, il est impossible d'enseigner des notions scientifiques sans placer la science et ses artisans sous un éclairage particulier.

À l'origine de cette enquête, et de celles qui avaient auparavant sondé le discours des professeurs et des programmes, on trouve quatre grandes questions. «D'abord, énumère Jacques Désautels, nous nous som-

mes demandés quelle était la représentation de la nature même du savoir scientifique. Nous avons aussi cherché à saisir le rapport établi entre science et société, et comment était perçue l'histoire des sciences. Finalement nous nous sommes interrogés sur la représentation des concepts scientifiques.»

Le piège des mots

Françoise Ruel a fouillé ce dernier thème. À chacun des adolescents qu'elle a rencontrés, elle a présenté trois montages: deux chariots entraînés par un poids, deux pendules et les deux pesées d'Éric. L'élève devait avant de les mettre en mouvement, prévoir le comportement de ces objets et l'expliquer. Françoise Ruel a ensuite dégagé quelques constantes des réponses fournies. «Les élèves se prennent facilement aux pièges des mots», observe-t-elle. Pour expliquer un phénomène ils font appel automatiquement à une formule mathématique apprise en classe sans pour autant être capables d'en définir les termes. Tous les élèves ont parlé de la notion de masse, remarque Françoise Ruel, mais très peu d'entre eux ont su associer ce terme à une quantité de matière. Ils confondent instinctivement masse et poids.»

Selon Mme Ruel, les élèves auraient trop rarement l'occasion de confronter leur conception habituelle des phénomènes —ce qu'on appelle le sens commun— avec la conception scientifique apprise, mais non discutée, en classe. L'accélération uniforme des corps en chute libre lorsque la friction de l'air n'intervient pas de manière significative, explication qui donne tort à Éric, va bien sûr, à l'encontre du «gros bon sens».

Un savoir technique et imperméable

Les propos recueillis par Marie Larochelle sont toujours aussi éloquents. Elle a décelé chez la plupart de ses jeunes interlocuteurs une image très mécaniste de la connaissance scientifique: «La science représente pour eux un savoir technique, instrumental et nécessairement mathématisé. D'ailleurs les formules mathématiques leur apparaissent comme une garantie de validité.»

Parce que, selon eux, la science met au jour des lois préexistantes et offre une lecture stricte de la nature, les élèves l'associent avant tout à une connaissance logique, fiable et profonde. «Ils ne réalisent pas que la science si valable et si utile soit-elle, est d'abord une construction, un produit de la communauté scientifique», commente Marie Larochelle. Pour les adolescents interviewés, la science apparaît désincarnée, imperméable au contexte culturel, social ou économique. «Pourtant, rappelle-t-elle, la science se construit avec son temps et est tributaire de son époque, ne serait-ce que par les critères d'attribution des subventions de recherche! La plupart des chercheurs ont conscience de cela, mais on continue de présenter à l'élève une science détachée de la réalité sociale.»

De plus, les jeunes croient que le scientifique détermine lui-même son objet de recherche, au cours d'une quête individuelle qui ne manque pas de romantisme. Le savant-héros «observe» un phénomène (l'observation équivalant, selon eux, à la perception visuelle), se pose une question et élabore une théorie qui accédera au rang de loi irréfutable lorsque les preuves expérimentales, donc objectives, l'auront confirmée. «Ce stéréotype, ajoute Marie Larochelle, laisse croire à l'élève que le généticien, par exemple, voit vraiment les gènes comme je vois chacun des doigts de la main droite. Alors si un généticien affirme avoir repéré le gène de l'agressivité ou de la douance, on ne peut que le croire.»

Le modèle suggéré, estime-t-elle, laisse une fausse impression aux élèves dont la majorité ne suivront aucun autre cours de science que ceux du secondaire. Quant aux quelques-uns qui poursuivront leurs études en sciences, on peut imaginer au moins deux voies d'avenir possibles: ou bien ils nieront toute contradiction et se limiteront à appliquer les modèles les plus reconnus en bons techniciens du savoir, ou bien ils devront —parfois douloureusement— réviser leur conception de la science lorsqu'ils seront exposés à la variété des explications scientifiques et des modes d'investigation, que ce soit en physique, en chimie ou en biologie.

Un progrès aveugle

L'apparente naïveté perçue par Marie Larochelle ressurgit dans les entrevues que Marta Anadon a faites avec d'autres élèves pour tenter de définir le lien existant entre «science» et «société». Un constat: la relation leur semble à sens unique. La science procure le «progrès» à la société, mais ni la société, ni les idées d'une époque n'ont d'influence sur la science.

De prime abord, les adolescents interrogés individuellement ne conçoivent pas qu'un projet social traverse la science. Pourtant lorsqu'on leur demande de citer des champs de recherche importants, ils mentionnent, en plus de la santé et de la pollution, la recherche spatiale à cause, disent-ils, de ses applications militaires. Influence médiatique de la Guerre des étoiles? Marta Anadon a relevé chez les jeunes une grande confusion entre recher-

che spatiale et recherche militaire. La plupart des élèves jugent ces deux domaines essentiels pour faire du Canada «un pays fort, capable de résister à l'Union soviétique»!

Un autre commentaire formulé par ces jeunes sur un sujet d'actualité: la banque de sperme de Prix Nobel est une bonne chose puisqu'elle entraîne la naissance d'enfants surdoués, et plus il y aura de personnes intelligentes sur la terre, plus le monde évoluera rapidement et pour le mieux...

Le mythe du savant

Le portrait du scientifique et de son travail brossé par ces adolescents montre qu'ils perçoivent un fossé difficile à franchir entre la «science des savants» et le pauvre élève angoissé par un simple examen. Ils se le représentent comme un être à part, doué, inspiré, solitaire, à qui ses découvertes appartiennent en propre. Les gens de science, selon eux, peuvent choisir de ne pas divulguer leur savoir, mais s'ils le font, ils perdent toute responsabilité sur les applications qu'en font les gouvernements — étape où, selon eux, la corruption peut survenir. Les élèves ne conçoivent pas que leur caricature de savant puisse travailler en industrie, alors qu'en réalité, la majorité des finissants de sciences et génie y trouvent un emploi.

Pour le dernier volet de la recherche du GRCS, Moussadak Etayebi a tracé le profil de l'histoire des sciences assimilé par les élèves du secondaire. Pour eux, elle se résume à quelques noms qu'ils associent à des faits bruts. Newton: attraction terrestre; Pasteur: microbiologie; Einstein: réaction nucléaire. Un peu comme on s'imaginait jadis Christophe Colomb décidant seul de partir à la découverte de l'Amérique, l'élève est inconscient de tout contexte intellectuel et social, qui autorise la production scientifique. L'histoire des sciences se déroule devant lui comme une belle mécanique tout orientée vers le progrès.

Des constantes, du programme à l'élève

Ces résultats font dire à Jacques Désautels que les grandes tendances qu'il avait constatées dans le discours des enseignants, se retrouvent également chez les élèves: coupure science-société, vision scientiste plus ou moins candide (confiance aveugle) de l'activité scientifique, histoire constituée d'une succession de faits.

«Les programmes sont certainement les plus imprégnés d'un scientisme militant», affirme M. Désautels. De manière générale enchaîne Marie Larochelle, ils laissent entendre que le modèle de la science peut servir pour résoudre les problèmes de tout ordre. Les idées véhiculées par les programmes présupposent une croyance en une science descriptive, privée d'appareil critique chargé d'évaluer le savoir produit, accumulant les succès et se rapprochant sans cesse d'une vision «objective» de la réalité.

Au dire de M. Désautels, «les enseignants sont moins scientistes que les programmes, ils ne sont pas prêts à attribuer à la science et aux scientifiques des pouvoirs aussi grands». Une forte proportion de la centaine d'enseignants interrogés l'an dernier par le GRCS se disaient, par contre, convaincus que la connaissance scientifique résulte du dévoilement du réel, qu'elle n'est jamais mauvaise en soi, contrairement à ses applications. Et que l'objectivité est une attitude individuelle qui consiste en l'évacuation de ses sentiments et de ses préjugés.

«Les élèves, termine Jacques Désautels, répètent un peu tout ça, mais sans grande conviction.» La plupart, par exemple, ont émis une restriction importante: on ne doit pas recourir à la méthode scientifique, trop mécanique, pour régler les rapports sociaux. «Si les entrevues nous ont permis de constater que les élèves n'avaient pas réfléchi sur la nature du savoir scientifique, conclut Marie Larochelle, elles démontrent qu'ils le peuvent, que ce ne sont pas là des questionnements qui les dépassent et qu'en outre, ils y prennent plaisir.»

Les examens d'abord

D'ailleurs les intervieweurs du GRCS ont noté avec surprise le fort intérêt que soulevaient leurs questions. À l'issue des entrevues, nombreuses furent les demandes de références pour lire davantage sur l'histoire des sciences, les débats entre chercheurs, etc. Les jeunes déploraient également le silence que l'on garde dans les cours de science sur les sujets d'actualité scientifique. En physique, au mois d'avril 1986, pas un mot sur Tchernobyl. Les politiques scientifiques du gouvernement? Personne ne leur en a glissé un mot. «Les thèmes de ce genre ne font jamais partie des programmes, constate Jacques Désautels, et les enseignants sont souvent très pragmatiques dans leur approche: les élèves doivent réussir les examens du Ministère.» Les jeunes

feront donc des exercices et suivront des protocoles d'expérience en cherchant la «bonne» réponse, celle du manuel.

Un petit logiciel, baptisé *L'Énigmatique*, mis au point par le Groupe de recherche en culture scientifique se veut justement une solution de rechange à cette formule. On y propose des énigmes conçues pour que les élèves puissent suivre en classe une expérience similaire à celle du chercheur. Après avoir pris connaissance du comportement de différents tracés sur l'écran cathodique, ils doivent formuler leurs hypothèses, les confronter en équipe, retourner à l'ordinateur pour de nouvelles expériences. Selon Jacques Désautels, les jeunes comprennent ainsi les raisons qui leur feront rejeter certaines des explications avancées, ils identifient les critères qui déterminent pour eux la «scienticité» d'une théorie, son objectivité, etc.

La mise au point d'un tel outil pédagogique montre bien l'esprit qui anime maintenant les chercheurs du GRCS. Ayant mis le doigt sur ce qu'elle considère comme des lacunes dans l'enseignement des sciences, l'équipe refuse pourtant de tenir le seul rôle d'objecteur de conscience. «À partir de maintenant, nous nous orienterons davantage vers l'élaboration d'instruments de travail tels que *L'Énigmatique*. Ces outils pédagogiques sont destinés aux professeurs qui désirent susciter chez leurs élèves une réflexion sur la science en même temps qu'ils leur enseignent les notions scientifiques. Nous voulons dépasser l'époque de la critique et tenter des expériences à petite échelle et en analyser les résultats.» Ces résultats, espère-t-on, montreront que les jeunes apprécient davantage une science moins dogmatique et qu'ils assimilent mieux une notion scientifique quand ils comprennent les conditions de sa production.

---

*Louise DÉSAUTELS. «La cage aux bolles» dans Contact, automne 1987, pp. 18 à 21.

17 Le mot évocateur

Mythe
Les examens me causent du stress, alors que la majorité des élèves semble plutôt calme.

Anti-mythe
À des degrés différents, tout le monde vit du stress aux examens.

Objectif de l'activité
Contrôler de façon efficace son stress aux examens.

Introduction
Le stress est une tension normale que ressent une personne devant un problème à résoudre ou un projet à réaliser. Le stress peut s'avérer positif lorsqu'il joue un rôle de stimulant; face à un examen, il peut susciter une meilleure organisation. Mais lorsque les tensions ressenties sont tellement fortes qu'elles empêchent la mobilisation des ressources personnelles plutôt que d'en favoriser la stimulation, le stress devient un facteur négatif. Il en résulte la panique (ou l'apathie), ce qui se traduit en pertes de mémoire et en manque de concentration.

Selon certains auteurs et auteures, ce ne sont pas les événements qui nous perturbent, mais notre perception des événements. Une perception biaisée par des croyances irrationnelles entraîne des émotions et des comportements indésirables.

Une surévaluation de l'importance de l'examen ou une exagération des conséquences d'un échec, par exemple, peuvent causer un stress nuisible. Un échec n'est pas une catastrophe irréversible mais bien un inconvénient, une erreur de parcours, parfois même une malchance.

Il vaut mieux apprendre à tirer profit d'un échec, puisque celui-ci situe exactement les niveaux de difficultés par rapport aux niveaux de compréhension. Ce devrait d'ailleurs être l'objectif premier d'un examen que de servir à démontrer et à vérifier ce qui est compris et ce qui ne l'est pas, afin de faire la mise au point avant de poursuivre une étude.

Une importante cause de stress, c'est justement la notation. Il semble que le stress aux examens n'est pas une caractéristique purement psychologique. S'il l'est dans ses manifestations, le stress aux examens est lié à d'autres facteurs sociaux. L'examen sert indirectement ou directement à la sélection sociale, en déterminant les personnes «aptes» ou «inaptes» à la poursuite des études. Cette seule raison est suffisante pour provoquer un stress chez les élèves conscients de ces enjeux sociaux.

Matériel requis
Vidéo «Stress aux examens». (MEQ, 1984.)

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
1. Visionner le document «Stress aux examens».

2. Ensuite, l'enseignant ou l'enseignante écrit au tableau le mot **examen**, l'encercle et y greffe les mots spontanément associés par les élèves, lorsque la question suivante leur est posée: «Qu'est-ce que le mot **examen** évoque pour vous en termes d'émotions?»

3. Après avoir dressé une liste des émotions la plus détaillée possible, la même méthode peut être appliquée afin de décrire de façon précise les malaises reliés à l'anxiété lorsqu'elle est vécue; la question suivante peut alors être posée:
«Qu'est-ce que le mot **anxiété** évoque pour vous en termes de manifestation des émotions?»
Les malaises évoqués pourraient être: je transpire, j'ai mal à l'estomac, j'ai mal à la tête, j'ai le coeur qui bat très vite, ma tête se vide et je ne me souviens plus de rien, j'ai des papillons dans l'estomac...

4. Rechercher des moyens qui pourraient amener des changements d'attitude (préparation adéquate, relaxation...).

5. Accorder quelques minutes à la rédaction d'un commentaire individuel sur la constatation que le stress aux examens est un phénomène courant, et sur les moyens préconisés pour mieux contrôler son stress.

Notes/commentaires
Cette activité rompt avec le climat et les normes implicites qui prennent place généralement dans un cours de chimie. Les élèves sont encouragés à exprimer les sentiments de stress et d'anxiété qu'ils vivent dans le cadre des examens. Cette activité permet de constater que toutes et tous vivent des symptômes analogues devant des difficultés.

Cet exercice devrait permettre, au cours des examens à venir, de chasser un peu de tension et pourra progressivement entraîner des changements d'attitude. Avec un peu de pratique, l'anxiété pourra faire place à la détente, de façon à remplacer les idées défaitistes par des pensées plus réalistes.

Références
BOUCHER, Francine et Jacqueline AVARD. Réussir ses études: guide d'autogestion, Boucherville, Mortagne, 1984.
DIONNE, Bernard. Réussir au cégep, Montréal, HRW, 1986.

18 Anxiété ou joie d'apprendre

Mythe
En situation d'apprentissage de la chimie, je me sens généralement incompétent ou incompétente, ce qui ne me semble pas être le cas pour les autres élèves.

Anti-mythe
La plupart des élèves vivent des moments d'appréhension, de doute, et des sentiments d'incompétence en situation d'apprentissage.

Objectif de l'activité
Substituer aux croyances irrationnelles, qui entraînent des émotions et des comportements indésirables, des croyances rationnelles.

Introduction
Par cette activité, l'élève pourra constater que plusieurs personnes se pensent inaptes à faire l'apprentissage de la chimie et vivent des émotions plutôt négatives au début d'une session. Il ne faut pas perdre de vue que les sentiments ne peuvent s'allier à la raison, mais il faut travailler à faire disparaître ses émotions négatives au profit de la confiance en ses capacités et au plaisir d'apprendre.

À cet effet, le rôle de l'enseignant ou enseignante devrait être de créer un climat détendu où la confiance et la communication sont favorisées de façon à minimiser les craintes. De plus, il ou elle se doit de convaincre de l'utilité des notions étudiées, ce qui peut jouer tant sur l'émotion que sur le rationnel. Certaines approches pédagogiques telle l'approche systémique ou l'approche thématique permettent de situer le contenu théorique dans la réalité de la vie quotidienne; ces approches pédagogiques constituent des moyens qui peuvent s'avérer efficaces pour intéresser les élèves et pour les persuader que l'on peut tirer profit d'un apprentissage. Une brève description des approches systémique et thématique est présentée à l'activité «Jeu-questionnaire» (p. 151).

Matériel requis
Méthode de l'auto-instruction. (pp. 105 à 106)

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité

1. L'enseignant ou l'enseignante liste au tableau le répertoire d'émotions qui décrivent comment on se sent devant des apprentissages nouveaux, spécialement si ceux-ci sont abstraits:
   - inconfort, irritabilité, embarras, désolation, manque de confiance, peur, stupidité, anxiété, désespoir, frustration, ennui, sentiment d'infériorité, tristesse, colère;

   ou au contraire:

   - satisfaction de relever un défi, plaisir d'apprendre même au risque de faire des erreurs, assurance de pouvoir faire appel à des connaissances déjà acquises, confiance en ses possibilités...

2. L'exercice consiste à réciter une série d'une trentaine de mots ayant trait à la chimie; les élèves décrivent au fur et à mesure les émotions provoquées par ces mots. Ils doivent écrire spontanément les émotions ressenties, sans noter les mots nommés par le professeur. Le rythme de croisière devrait être d'environ cinq secondes par mot.

3. L'étape suivante consiste à noter au tableau les émotions ressenties; il importe de cocher le nombre de fois qu'une émotion est nommée, afin d'en faire valoir l'importance...

4. Afin de faire place à des croyances rationnelles, utiliser la «Méthode de l'auto-instruction», en annexe, et l'adapter à ses besoins.

Suggestion de mots déclencheurs d'émotion:
orbitales — électronégativité — ion — neutron — forces intermoléculaires — atome — plutonium — radioactivité — rayons alpha — acide désoxyribonucléique — tableau périodique — pH — densité — mole — masse molaire — filtration — masse volumique — pollution — théorie cinétique — Avogadro — réaction chimique — erlenmeyer — protéine — familles chimiques — électrolytes — solution — tension superficielle — oxydo-réduction — titrage — électrolyse

Discussion

Échanger sur les idées suivantes:

- Nombreuses sont les personnes qui vivent des sentiments d'incompétence en situation d'apprentissage.

- Les croyances irrationnelles peuvent, avec le temps, faire place aux croyances rationnelles.

Stratégie

Si l'exercice ne semble pas déclencher suffisamment d'émotions, il peut se faire avec une quantité moindre de mots, dont les élèves écrivent une définition qui peut être intuitive; ainsi, une difficulté plus tangible permet d'entrer en contact avec les émotions habituellement ressenties en cours d'apprentissage.

Notes/commentaires

Un partage peut être fait en petits groupes afin que chacun et chacune puissent s'exprimer plus aisément. Cet exercice permet d'échanger sur l'anxiété vécue devant un apprentissage difficile et, à l'opposé, sur la joie de la réussite, afin de réaliser qu'on n'est pas seul, bizarre, ou différent des autres dans ses réactions. Suite à cette réflexion, chacun et chacune sont en mesure de travailler à transformer leurs croyances irrationnelles en croyances rationnelles.

Référence

QUÉBEC, Direction générale de l'enseignement collégial. Transition-Travail; formation à distance, juillet 1988.

MÉTHODE DE L'AUTO-INSTRUCTION

Marche à suivre:

1. Faire l'inventaire des pensées négatives et irréalistes qui sont liées à une situation qui nous rend anxieuse;
2. les remplacer par des pensées positives;
3. se donner du temps pour s'améliorer en se rappelant que la répétition aide à maîtriser cette technique.

EXEMPLE: Entrevue d'embauche	
Pensées négatives	**Pensées positives**
1 J'ai peur de ne pas être à la hauteur.	1. Pourquoi pas? J'ai une formation, des qualifications intéressantes que je saurai mettre en valeur.
2. Et s'il me trouvait trop vieille.	2. Je devrais en profiter pour faire valoir ma maturité et mon sens des nuances acquis avec le temps.
3. Je n'ai jamais travaillé à l'extérieur.	3. J'ai développé le sens de l'organisation en élevant trois enfants et le poste demande des compétences dans ce sens.

En fait, jouez à l'avocat du diable avec vos pensées négatives et trouvez des versions positives. Votre anxiété et votre façon d'aborder diverses situations seront sérieusement ébranlées.

EXERCICE 1

Expérimentez la méthode d'auto-instruction:

a) Déterminez une situation qui vous cause de l'anxiété;

b) dans un tableau semblable à celui proposé, énumérez les pensées négatives qu'elle vous apporte;

c) trouvez une ou plusieurs pensées positives pour combattre chaque idée négative.

EXEMPLE	
Pensées négatives	**Pensées positives**
1. Je suis trop âgée pour entreprendre des études en chimie.	1. Au fil des années, j'ai appris à structurer ma pensée, c'est un atout précieux en sciences.
2. Je ne suis vraiment pas douée pour la chimie.	2. La motivation me permettra de fournir du temps et des efforts pour réussir.

Référence

QUÉBEC, Direction générale de l'enseignement collégial. Transition-Travail: formation à distance, juillet 1988.

19 À propos de soi

Mythe
Je n'ai pas ce qu'il faut pour réussir; pour les autres, c'est plus facile.

Anti-mythe
En analysant le contexte des échecs et réussites, on constate que la performance scolaire ne réside pas uniquement dans les habiletés intellectuelles de l'élève.

Objectif de l'activité
Jeter les bases d'une estime de soi, essentielle à la réussite.

Introduction
Selon les résultats de recherche d'Yves Blouin, traités de façon plus élaborée à l'activité «Réussite» (pp. 109 à 111), les principaux facteurs favorisant la réussite seraient les suivants: un effort continu, une bonne méthode de travail, la confiance en soi et la motivation. L'activité décrite ici concerne plus spécifiquement l'estime de soi et consiste à rechercher les qualités et les aptitudes qui peuvent constituer des points forts pour réussir.

Matériel requis
Journal de bord

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Cette activité peut être amorcée en classe, puis se poursuivre individuellement tout au cours de la session.

Chaque élève commence son journal de chimie en écrivant ses commentaires à partir des phrases suivantes:

- Ce que j'aime de moi...
- Je peux...
- Ce que les autres aiment de moi...
- Parler d'une réussite antérieure résultant de l'acharnement et de l'effort...
- Qualités que je crois indispensables pour réussir en chimie...
- Mes qualités qui peuvent m'être utiles en sciences...
- Mes habiletés qui peuvent m'être utiles en sciences...

Par la suite, au fil des jours, on peut continuer son journal en y décrivant comment on se perçoit: parfois comme quelqu'un qui devrait abandonner la chimie ou, au contraire, capable d'aller plus loin en mettant toute l'ardeur qu'il faut pour réussir.

Il devient alors intéressant et encourageant de constater l'évolution que l'on peut vivre au cours d'une session, particulièrement si l'on apprend à croire en ses capacités et à exploiter son plein potentiel.

Il importe d'apporter un suivi à cette activité, afin d'inciter les élèves à poursuivre ce journal de bord. Ce suivi peut prendre la forme d'un retour en classe, à quelques reprises pendant la session, pour la mise en commun des observations. L'enseignant ou l'enseignante incite alors les élèves à échanger sur la réussite en regard de la perception de soi, de même que sur l'importance de développer une attitude mentale positive en situation d'apprentissage.

20 Réussite

Mythe
La réussite en chimie est le fait d'un petit nombre de personnes.

Anti-mythe
Les notions de chimie enseignées au collégial sont accessibles à l'ensemble des élèves. Pour réussir, l'élève doit consentir à investir temps et efforts de même qu'à collaborer avec l'enseignant ou l'enseignante pour faciliter son propre apprentissage.

Objectif de l'activité
Identifier les conditions nécessaires pour réussir en chimie.

Introduction
Il appert ici que le terme «réussite» a plutôt trait à l'assimilation de concepts, à la compréhension de la matière, en vue de retirer quelque chose d'utile de la formation scientifique. Le défi d'aujourd'hui, ce n'est plus tant d'emmagasiner le maximum de savoirs que de traiter intelligemment des informations provenant d'une quantité incroyable de sources.

Une recherche d'Yves Blouin résume bien les facteurs susceptibles de favoriser la réussite en mathématiques. Par extension, ils sont applicables à la chimie, puisque les attitudes manifestées par les élèves face à ces disciplines sont similaires. Ainsi, il apparaît que la réussite est proportionnelle à la motivation et à la détermination, à l'effort et à l'assiduité au travail, à la confiance en ses capacités, à une vision réaliste des sciences.

Les comportements résultant de la curiosité et de l'acharnement jouent en effet dans le sens de la réussite: persistance en cas de difficulté; recours, au besoin, à l'enseignant ou à l'enseignante; planification adéquate du travail scolaire; attention et concentration supérieures devant des tâches scolaires. En ce qui concerne la vision réaliste des sciences, Yves Blouin explique que les réactions émotionnelles, comportementales et motivationnelles ne dépendent pas tant de la réalité que de l'interprétation que l'on en fait, c'est-à-dire des attributions de causalité.

Ces attributions de causalité s'avèrent souvent irréalistes et défaitistes. Des croyances peuvent mener à une distorsion de la réalité. On attribue ainsi des résultats négatifs à un manque de talent; des résultats positifs à une matière facile. On perçoit les autres comme des «bollés», comme s'ils réussissaient sans travailler; on se croit inapte à faire des sciences parce qu'on doit fournir temps et effort. Pourtant, les sciences ne sont pas accessibles qu'aux soi-disant génies, mais à quiconque en manifeste l'intérêt et le désir; cependant, la compréhension, l'assimilation et la réussite ne sont pas gratuites, mais elles constituent le fruit d'un travail acharné et d'une volonté déterminée.

D'autres facteurs d'ordre personnel peuvent aussi intervenir dans la réussite scolaire. On peut se demander si une certaine représentation sociale de la réussite ne projette pas l'idée d'inaccessibilité. En effet, on a tendance à accoler au concept de réussite un sens superlatif: obtenir la meilleure note, gagner une compétition... Si l'élève a tendance à se disqualifier face à la réussite en chimie, il est possible que cette représentation sociale de la réussite, le fait de l'élite, le décourage d'emblée. L'enseignant ou l'enseignante doit s'engager à démontrer que la chimie est une discipline accessible, voire passionnante, et qu'on peut maîtriser cette discipline en consentant à y investir temps et efforts.

Enfin, il importe de mentionner le fait que les chances de réussite sont aussi largement influencées par l'origine sociale. En général, les enfants de familles économiquement défavorisées sont moins motivés et plus enclins à abandonner l'école ou encore à éviter les options scientifiques. Même les adultes demeurent empreints de cette influence sociale; c'est un facteur à considérer dans l'apprentissage.

Une prise de conscience de ses attitudes et comportements pourrait devenir un point de départ vers une meilleure compréhension de la chimie tant pour ceux et celles qui désirent choisir une carrière scientifique que pour ceux et celles qui ne sont que de passage dans le monde des sciences. Tous et toutes pourraient en retirer le plaisir d'apprendre et profiter de l'acquisition des connaissances pour mieux comprendre leur environnement.

Durée
2 heures

Déroulement de l'activité
1. Répondre individuellement aux questions suivantes:

   - Quel est le but que je poursuis en étudiant la chimie?
   - Quels sont mes objectifs de vie immédiats et à moyen terme?
   - Est-ce qu'il s'agit d'objectifs autodéterminés et actuels? Des objectifs inculqués par des proches ou par la société ne seraient pas adéquats ici, de même que des objectifs révolus. Il est fréquent que l'on mette beaucoup de temps à poursuivre des activités qui ne répondent plus aux objectifs actuels.
   - Est-ce que mes intérêts rejoignent ces objectifs?
   - Quelles étapes me permettront d'atteindre ces objectifs?
   - Quelles sont les difficultés majeures qui pourraient entraver ma réussite?
   - Comment vais-je m'y prendre pour surmonter ces difficultés?
   - Ai-je confiance de réussir? Pourquoi?
   - De quelle façon est-ce que je réagis face à un exercice difficile?
   - Est-ce que ma motivation est suffisante pour soutenir l'effort qu'il est nécessaire de fournir pour réussir?

2. Mettre en commun les résultats, verbalement et au gré des élèves, afin de constater que les craintes sont généralement partagées, de favoriser de nouvelles attitudes d'apprentissage et de mieux concentrer ses activités sur ce qui est en rapport avec ses objectifs de vie.

Discussion

À la fin, on peut réserver une courte période de mise au point individuelle, où l'on s'interrogera sur la question suivante:

À la suite de cet exercice, est-ce que je perçois différemment les conditions favorables à la réussite en chimie?

Stratégie

Les discussions peuvent se faire en petits groupes, afin que l'on se sente plus à l'aise de parler de soi.

Références

BLOUIN, Yves. Réussir en sciences, rapport de recherche, Québec, Cégep François-Xavier-Garneau, 1986.

BOUCHER, Francine et Jacqueline AVARD. Réussir ses études: guide d'autogestion, Boucherville, Mortagne, 1984.

DIONNE, Bernard. Réussir au cégep, Montréal, HRW, 1986.

21 Processus d'apprentissage

Mythe
La première fois qu'on m'explique quelque chose de nouveau en chimie, je ne comprends rien.

Anti-mythe
La non-compréhension résulte d'un ou de plusieurs facteurs convergents, par exemple:

- l'explication est plus ou moins adéquate;
- les notions antérieures ne sont pas suffisamment intégrées;
- une mauvaise disposition mentale ou psychologique provoque la difficulté de concentration;
- le sentiment d'incompétence;
- etc.

Objectif de l'activité
Découvrir son style d'apprentissage.

Introduction
Le processus d'apprentissage débute habituellement par l'acquisition du vocabulaire, la cueillette de l'information et la compilation sous forme de diagrammes, de listes, de plans ou de tableaux.

Le processus se poursuit durant l'étude, par l'assimilation des connaissances acquises: liens entre les différentes parties de la matière, synthèses.

Finalement, à travers les révisions se développe la capacité de transmission de l'information reçue et assimilée: rapports, travaux, examens.

Le processus d'apprentissage se trouve largement favorisé par une bonne concentration lors de l'étude. La capacité de concentration peut être améliorée en suivant les règles suivantes:

- N'étudier que lorsque l'état d'activation psychologique est favorable. Pour ce faire, il faut être capable de distinguer les moments de la journée où l'on est le mieux disposé à travailler et ceux où l'on ressent plus de fatigue.

- Alterner l'étude et la détente. Lorsque l'on constate que la concentration est amoindrie, se permettre une pause avant de poursuivre l'étude.

Enfin, il est important de savoir que l'intégration d'une information est d'autant meilleure que le nombre d'apprentissages est élevé. Il ne s'agit pas là d'une répétition mécanique, mais d'une

réactivation intelligente de l'information. Il est donc important de respecter la loi de la répétition et de consacrer du temps à la révision des acquis. Une première réactivation de la matière devrait se faire le plus tôt possible après un cours; une seconde réactivation, dans les jours qui suivent; et des réactivations subséquentes, à des intervalles de temps qui peuvent être de plus en plus espacés.

Une fois que le processus d'apprentissage est connu, il peut être intéressant de constater qu'il existe différents styles d'apprentissage. Un classement proposé par le neurologue montréalais Raymond Lafontaine a fait l'objet de nombreuses recherches. Selon cette théorie, chaque personne présenterait un profil neurosensoriel distinct. Cette distinction entraînerait des différences sur le plan de l'intégration des informations.

Matériel requis
Tableau des profils visuel et auditif (p. 115), élaboré par Ghyslaine Meunier-Tardif, repris et classé par Ivon Robert selon les thèmes de la sensation, de la communication, de l'apprentissage et de l'affectivité.

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
1. L'enseignant ou l'enseignante explique le processus d'apprentissage tel que présenté dans l'introduction de la présente activité.

2. Ensuite, on peut tenter de découvrir différents styles d'apprentissage à partir d'expériences antérieures relatées par les élèves; utiliser des exemples où l'apprentissage s'est avéré assez difficile, mais où il a finalement conduit à la compréhension et au succès.

3. Consulter le tableau des profils visuel et auditif, en annexe, afin d'identifier individuellement sa façon de fonctionner, pour ensuite reconnaître des attitudes qui décrivent le style d'apprentissage de chacun et chacune.

Discussion
L'activité a-t-elle permis de constater que chaque personne a sa façon propre de fonctionner, et qu'il est tout à fait normal de traverser des périodes longues et difficiles pour assimiler des notions nouvelles?

Notes/Commentaires
Pour un travail plus approfondi, les enseignants et enseignantes peuvent utiliser le Questionnaire de détermination du profil neurosensoriel, réalisé par Ivon Robert. Ce document est vendu 1 $ l'exemplaire au Centre d'Animation et de Consultation en Psychopédagogie Ivon Robert, 612, rue Green, Saint-Lambert, Québec, J4P 1V7.

Références

BOUCHER, Francine et Jacqueline AVARD. Réussir ses études: guide d'autogestion. Boucherville, Mortagne, 1984.

ROBERT, Ivon. La pédagogie des auditif-ves, visuel-les et audio-visuel-les. (s.l.n.d.).

Caractéristiques des profils visuel et auditif aux plans de la sensation, de la communication, de l'apprentissage et de l'affectivité (Meunier -Tardif, 1979)

SENSATION	
Visuel	**Auditif**
1. Oreilles filtrées par les yeux	1. Yeux filtrés par les oreilles
2. Court moment sans voir mère	2. Entendre la voix suffit
3. Tactile	3. Rêveur
4. Hypersensible aux caresses	4. Harmonieux dans les caresses
5. Chatouilleux	5. Moins chatouilleux
6. Vit pour manger	6. Mange pour vivre

APPRENTISSAGE	
Visuel	**Auditif**
20. Souci du détail	20. Globalité
21. Action-réflexion	21. Réflexion-action
22. Moment présent	22. Mise sur le temps
23. Concret	23. Abstrait
24. Veut être utile immédiatement	24. Veut être utile à long terme
25. Travaux utilitaires	25. Pas nécessairement utilitaires
26. Le mot, la lettre	26. L'esprit
27. Habileté manuelle	27. Habileté intellectuelle
28. Imitation	28. Personnalisation
29. Mémoire photographique	29. Mémoire auditive
30. Dessin, schéma	30. Texte, fiche technique
31. Encadré	31. Moins encadré
32. Problèmes à l'élémentaire	32. Problèmes au secondaire
33. Sciences exactes, leadership	33. Sciences humaines, arts
34. Doit vivre l'expérience	34. Se fie aux autres
35. Réussite personnelle	35. Réussite collective
36. Programmé	36. Aime être laissé libre
37. Dérouté par changement d'horaire	37. Bohème
38. Moins le sens du danger	38. Connaît le danger
39. Explore sans méthode	39. Explore à condition de viser un but
40. De la quantité à la qualité	40. De la qualité à la quantité
41. Détente en changeant d'activité	41. Détente en se reposant

COMMUNICATION	
Visuel	**Auditif**
7. Rapport direct	7. Rapport indirect
8. Apparence importe	8. Apparence n'importe pas
9. Volubile	9. Mesure ses paroles
10. S'extériorise	10. Se renferme
11. Profondeur non apparente	11. Profondeur avouée
12. Apparence extérieure soignée	12. Apparence extérieure laisse parfois à désirer
13. Incrédulité	13. Naïveté
14. Des objets aux personnes	14. Des personnes aux objets
15. Veut plaire à autrui	15. Ne s'en préoccupe pas
16. Invite l'autre, l'attire	16. Ne s'ennuie pas seul
17. Communique par l'objet	17. Communique par le raisonnement
18. Bluffeur	18. Demeure lui-même
19. S'agite	19. Ne perd pas son calme

AFFECTIVITÉ	
Visuel	**Auditif**
42. Monopolisateur	42. Autonomiste
43. Se sent concerné	43. Ne se sent pas concerné
44. Blâme l'autre	44. Se blâme
45. Angoissé, anxieux	45. Dépressif
46. Peurs - accidents	46. Peurs - autres motifs
47. Descentes et remontées rapides	47. Descentes et remontées lentes
48. Biens matériels	48. Confort et sécurité affective
49. Timidité: comportement hyperactif ou hyperrenfermé	49. Timidité: comportement hyperactif ou hyperrenfermé
50. Désorganisé par la maladie	50. Déçu par la maladie
51. Hospitalisation marque	51. Hospitalisation ne marque pas
52. A moins confiance en lui et aux autres	52. Est confiant et fait confiance

22 Sauts quantiques

Mythe
Les élèves «doués» comprennent la matière nouvelle sans effort et du premier coup.

Anti-mythe
La compréhension et l'intégration de nouveaux principes ou phénomènes résultent d'un travail régulier et répétitif.

Objectif de l'activité
Observer que la compréhension se développe par bonds, tels les sauts quantiques.

Introduction
Le processus d'apprentissage se poursuit au moyen des cours, de l'étude et des révisions. Si les efforts sont constants, la compréhension d'un principe ou d'un phénomène peut survenir tout d'un coup, comme un saut quantique. Comme l'électron, qui recevant une quantité suffisante d'énergie, peut effectuer une transition brusque d'un état d'énergie à un autre, de même l'élève qui fournit un effort constant voit la compréhension surgir tout d'un coup. Tout semble comme s'il n'existait pas d'état intermédiaire.

Il faut parfois des heures, parfois des semaines de travail assidu pour comprendre à fond une notion nouvelle. Le processus d'infusion entre en jeu, c'est-à-dire qu'il faut du temps pour juxtaposer les pièces; vient un moment où celles-ci finissent par s'emboîter et se tenir ensemble pour donner l'image mentale convoitée. La boucle se ferme. Heureux moments de convergence intellectuelle!

Matériel requis
Texte d'Yves Blouin: «Le rôle de la motivation» (p. 118).

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Après avoir observé son propre style d'apprentissage au cours de l'activité «Processus d'apprentissage» (pp. 112 à 115):

1. Se remémorer un blocage, en chimie ou dans d'autres disciplines, en faisant ressortir les moments de stagnation qui semblent parfois inutiles mais qui aboutissent, après un effort soutenu, à la compréhension (saut quantique).

2. Prendre connaissance du texte d'Yves Blouin concernant le rôle de la motivation.

3. Mettre en commun les différents points de vue sur le sujet par un échange d'idées.

Discussion

L'enseignant ou l'enseignante peut finalement fermer la boucle sur le mythe «du génie qui possède la science infuse» et rétablir les faits en rappelant que le travail assidu facilite la compréhension.

Référence

- BLOUIN, Yves. Réussir en sciences, rapport de recherche, Québec, Cégep François-Xavier-Garneau, 1986.

LE RÔLE DE LA MOTIVATION*

La discussion théorique que nous venons de terminer intègre des éléments motivationnels. L'étude d'un domaine qui nous met en état d'anxiété est nécessairement moins attrayante, ou, quand on est convaincu de ne pas pouvoir réussir en sciences, l'intérêt à continuer diminue. Mais il y a d'autres aspects au concept de motivation que nous n'avons pas touchés.

En effet, même pour quelqu'un dont le fonctionnement intellectuel n'est pas paralysé par l'anxiété et qui adopte des comportements d'étude appropriés, réussir en sciences exige beaucoup de travail. Au niveau collégial, par exemple, on reconnaît que les cours de chimie, de physique et de mathématiques, demandent de trois à six heures de travail par semaine, en plus de la présence en classe. Règle générale, c'est plus que pour les autres cours.

Au nombre d'heures plus élevé, s'ajoute encore une autre exigence: on doit être capable de travailler régulièrement. Les examens étant nombreux, celui qui néglige ses études quelques semaines est vite débordé. De plus, la matière étant cumulative, ce qui est abordé en classe devient inaccessible pour celui qui n'a pas consolidé sa compréhension des cours précédents. On peut difficilement, comme en certains cours de Sciences humaines, rattraper sa négligence de toute une session en consacrant les jours et les nuits de la dernière semaine à faire une bonne dissertation.

Cette double exigence n'est pas unique à l'apprentissage des Sciences. Mais elle y est présente à un niveau probablement plus élevé que dans les autres programmes d'études de niveau collégial. C'est probablement ce à quoi pensaient Demers et Llull (1982) quand ils ont écrit que l'apprentissage des sciences peut servir à activer de nombreuses qualités personnelles, dont le «sens de l'effort».

En conséquence, il est assez peu probable que l'on réussira à se mobiliser pour tous ces efforts quotidiens, si on n'est pas fortement motivé par le but que constitue la réussite de ses études. En ce sens, la valeur ou l'importance accordée à la réussite scolaire serait une autre variable personnelle importante pour le succès de toute démarche d'apprentissage des sciences.

Un résultat de recherche effectuée en milieu collégial québécois appuie cette idée. Dans leur «recherche d'une explication aux abandons de cours de mathématiques au Cégep», Ste-Marie et Winsberg (1981) ont constaté que les «décrocheurs» accordaient moins d'importance que les persévérants aux études collégiales, mais pas à leur cours de mathématiques lui-même.

---

*Yves, BLOUIN. Réussir en sciences: rapport de recherche. Québec, Cégep François-Xavier-Garneau, 1986, pp. 32 à 33.

23 Réussite femmes-hommes

Mythe
Les hommes ont plus de facilité pour les sciences que les femmes.

Anti-mythe
Les habiletés à caractère scientifique ne sont pas attribuables à un genre en particulier. Le fait que le domaine scientifique ait été accaparé traditionnellement par les hommes est attribuable à des facteurs sociaux: la socialisation différenciée des hommes et des femmes; le rôle de l'éducation des enfants traditionnellement dévolu aux femmes; les idées erronées quant aux effets de la pratique d'une carrière en science sur la santé de la femme, etc.

Objectif de l'activité
Reconnaître que les aptitudes pour les sciences sont semblables pour les femmes et les hommes.

Déroulement de l'activité

1. Élaborer et distribuer un questionnaire pour évaluer la perception des élèves face à leurs aptitudes en chimie. Faire la compilation.

2. Faire les démarches nécessaires pour obtenir les notes de chimie des groupes des sessions antérieures, en vue de démontrer que les femmes réussissent aussi bien que les hommes. Du fait que les chiffres proviennent de l'institution même où les élèves étudient, la crédibilité devrait en être renforcée. Avec ces chiffres à l'appui, faire constater que les femmes ont des perceptions erronées quant à leurs aptitudes en chimie, qu'elles ont autant de compétence pour réussir que les hommes, comme les statistiques l'indiquent.

3. Préparer un article sur ce thème pour le journal du cégep.

Référence
CENTRALE DE L'ENSEIGNEMENT DU QUÉBEC. Pour des rapports égaux femmes-hommes: semaine d'intervention pédagogique du 1er au 18 mars 1981, cahier pédagogique, (s.l.n.d.).

24. Femmes chimistes

Mythe
Il est impossible pour les femmes de concilier carrière en chimie et vie familiale.

Anti-mythe
Les femmes, comme les hommes, peuvent vivre en même temps une vie professionnelle et une vie privée, peu importe le secteur d'activité. Ce n'est pas une carrière en science qui est inconciliable avec une vie familiale, mais le fait pour les femmes de porter seules les responsabilités familiales (tâches ménagères, éducation des enfants) en même temps que leur carrière, peu importe qu'elles soient en science ou dans des secteurs où se retrouvent traditionnellement les femmes.

Objectif de l'activité
Prendre connaissance de l'expérience vécue de certains modèles féminins qui savent concilier vie professionnelle et vie familiale.

Introduction
L'interprétation que l'on peut donner à la sous-représentation des femmes dans le milieu scientifique semble reliée à l'éducation des filles, aux préjugés persistants, à la mauvaise organisation de la société, sans oublier que tout l'aspect technique des sciences n'intéresse peut-être pas foncièrement beaucoup de femmes.

La difficulté à partager les tâches domestiques contribue à restreindre le nombre de carrières féminines en sciences. Les propos suivants de Louise Vandelac cernent bien ce problème:

> «...Indispensable pour affronter le double travail domestique et salarié, le partage des tâches soulagerait les problèmes de couple, résoudrait la question du travail domestique et ferait même disparaître les inégalités hommes-femmes! Simple question d'évolution des mentalités, de compréhension, de doigté, d'organisation et de patience, le partage des tâches, cette nouvelle image de marque des couples évolués, se résumerait au bon vouloir des hommes et à la détermination des femmes....»

Matériel requis
Textes de Catherine Gillbert: «Profils de femmes chimistes canadiennes» (pp. 122 à 125).

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité

Après avoir pris connaissance des textes supports, on peut organiser une table ronde pour discuter du sujet: «Comment est-ce possible pour une femme de poursuivre une carrière, si on envisage de mener une vie familiale et peut-être avoir des enfants?»

Les questions suivantes peuvent alimenter le débat:

- Croyez-vous que ces femmes concernées dans les textes sont des superfemmes ou des génies?
- Croyez-vous qu'une femme qui désire faire carrière rencontre à peu près les mêmes difficultés qu'un homme: au cours de ses études? au moment de chercher un emploi? au travail? auprès de ses collègues de travail?
- Comment est-il possible de s'organiser lorsqu'on fait le choix d'avoir un ou des enfants et que l'on désire conserver un emploi? En considérant les différentes structures familiales existantes, les garderies peuvent-elles répondre aux besoins de tous les parents?
- Les hommes peuvent-ils être intéressés à vivre avec une femme qui poursuit une carrière en sciences? Acceptent-ils que cette femme puisse gagner un salaire supérieur au sien?
- Les hommes sont-ils prêts à vivre le partage équitable des tâches, tant en ce qui a trait à l'entretien qu'à la prise en charge des enfants?
- Une carrière en science est-elle plus difficile à concilier avec la vie familiale qu'une carrière dans un secteur traditionnellement féminin (secrétaire, infirmière, enseignante)?
- Pourquoi ne retrouve-t-on pas plus de femmes dans le milieu scientifique?
- La société continue-t-elle de véhiculer des préjugés face à l'accès des femmes au monde scientifique?
- Quelles qualités ou aptitudes devrait développer une femme qui désire faire carrière dans le monde scientifique?

Discussion

Quelles conclusions tire-t-on de cet échange? Est-il réaliste pour une femme de faire carrière en chimie?

Conception

Catherine Gillbert, collège régional Champlain

Référence

VANDELAC, Louise et al. Du travail et de l'amour. Les dessous de la production domestique. Saint-Martin, Collection Femmes, 1985.

PROFILS DE FEMMES CHIMISTES CANADIENNES*

MARY ANN WHITE

Mary Ann White, âgée de 34 ans, est professeure de chimie à l'université Dalhousie de Halifax (Nouvelle-Écosse) depuis 1983. Elle est mariée et mère de deux jeunes enfants: son fils David est au primaire et sa fille Alice fréquente une garderie locale. Sa jeune famille et une carrière exigeante la tiennent très occupée, mais elle adore sa vie et ne désire rien y changer. Son travail l'a amenée à voyager; elle a fait pendant deux ans de la recherche à l'université d'Oxford.

Ses recherches ont porté sur la thermodynamique des solides; elle donne un cours ainsi que de fréquents séminaires sur ce sujet.

Un aspect de son travail concerne l'étude des solides qui ont la capacité d'emmagasiner de grandes quantités d'énergie lorsqu'ils passent d'une forme cristalline à une autre. Les composés chimiques sont les mêmes dans les deux formes; c'est simplement la disposition des molécules à l'intérieur du réseau cristallin qui diffère.

Ces substances peuvent servir efficacement à emmagasiner de la chaleur dans les immeubles chauffés à l'énergie solaire. À capacité égale, elles occupent un volume bien moindre que l'eau ou les roches. Elles changent de forme en absorbant la chaleur et reprennent leur forme originale lorsqu'elles la libèrent. Mary désire par l'étude de ces matériaux savoir la quantité exacte de chaleur qu'ils absorbent et déterminer s'ils restent efficaces après que le cycle s'est répété des milliers de fois.

Elle recourt à une méthode intéressante afin d'étudier les forces de dispersion dans les molécules à chaîne longue de carbone et d'hydrogène. À cette fin, elle prépare un ion de la forme (RNH_3^+) où R est un groupe alkyle à chaîne longue. Une extrémité de l'ion demeure attachée au réseau cristallin par une liaison hydrogène par l'entremise des atomes NH_3 de l'extrémité de l'ion. À une certaine température, le groupe alkyle "fond" à l'intérieur du réseau, c'est-à-dire qu'il ne reste pas rigide mais "frétille" tandis qu'il est retenu à une extrémité; en d'autres termes, il se comporte comme s'il était liquide bien qu'il soit emprisonné dans un réseau cristallin solide. Mary donne à ce phénomène le nom de fusion bidimensionnelle. La chaleur que le cristal absorbe au cours de ce processus nous donne une idée de la quantité d'énergie qui est nécessaire pour permettre le mouvement du groupe alkyle. Des processus de type similaire existent dans les cellules animales et végétales. Comprendre ce type de processus dans un cristal spécialement fabriqué constitue la première étape menant à la compréhension d'un processus similaire dans le monde complexe de la biochimie cellulaire.

GERALDINE KENNEY-WALLACE

Geraldine Kenney-Wallace est l'actuelle présidente du Conseil des sciences du Canada. Cet organisme prestigieux conseille le gouvernement fédéral en matière de politique scientifique.

Geraldine est née en Angleterre, où elle a étudié la chimie à l'université d'Oxford. Elle a ensuite émigré au Canada et obtenu son doctorat de l'université de la Colombie-Britannique. Elle a occupé divers postes à l'École polytechnique à Paris ainsi qu'aux universités Yale et Standford aux États-Unis. Avant sa nomination au Conseil des sciences, elle enseignait la chimie à l'université de Toronto.

Elle a publié de nombreux articles sur ses travaux en recherche tant fondamentale qu'industrielle. Elle jouit d'une renommée internationale comme spécialiste du laser mais s'intéresse particulièrement aux domaines de la technologie de l'information, de la biotechnologie et de l'optoélectronique, qui sont des domaines en croissance rapide et à l'avant-garde de la technologie moderne.

Geraldine croit fermement en l'importance de la recherche fondamentale. Elle estime que le Canada doit consacrer davantage d'argent à la recherche et au développement afin de demeurer concurrentiel dans l'économie mondiale.

JENNIFER HADREVI

Jennifer Hadrevi est une chimiste responsable de la vente de divers produits à Shell Canada: le caoutchouc utilisé dans les adhésifs, les chaussures et l'asphalte, et les résines époxydes utilisées dans les enduits, les adhésifs et les revêtements de plancher. Son territoire comprend une grande partie du sud de l'Ontario. Elle passe cinq jours par semaine à se déplacer afin de visiter la clientèle de son territoire.

Jennifer aime beaucoup son travail. Elle sait qu'elle fait oeuvre de pionnière pour les femmes dans le domaine des ventes techniques et se doute qu'elle est mise à l'épreuve dans une plus grande mesure que ses collègues de sexe masculin. Elle déclare que des clients lui posent des questions d'ordre technique afin de l'obliger "à rester en éveil". Elle s'estime toutefois à la hauteur de la tâche, qu'elle trouve souvent stimulante.

Jennifer est ambitieuse et espère un jour diriger une entreprise. Elle aurait alors la responsabilité d'un groupe de produits et celle de prendre des décisions concernant tous les aspects de l'entreprise, notamment les objectifs de production, les prix et les stratégies de commercialisation. Elle comprend qu'il est important de planifier sa carrière pour réussir et estime nécessaire d'avoir de l'expérience dans tous les domaines de l'industrie chimique. Jennifer a assurément acquis une expérience diversifiée à la compagnie Shell depuis qu'elle a obtenu de l'université McMaster son diplôme de chimie en 1982.

Elle a d'abord travaillé comme chimiste de laboratoire dans une raffinerie à Sarnia. Ce laboratoire de contrôle de la qualité soumet chaque matière première, produit intermédiaire et produit final de la raffinerie à des épreuves. L'appareil le plus important à cet égard est le chromatographe en phase gazeuse. Jennifer avait pour responsabilités d'améliorer les méthodes existantes de mise à l'essai des matériaux, d'en concevoir de nouvelles et d'ajuster les instruments de laboratoire en cas de problème.

Après six mois à Sarnia, elle a été mutée à Oakville, où elle a passé trois mois à faire des études de marché, préparant des rapports sur les tendances du marché mondial de benzène, produit de l'industrie pétrochimique. Ses recherches avaient notamment pour objet de prédire l'offre et la demande mondiales de ce produit en analysant les besoins de chaque pays de même que sa capacité de production. Les autres facteurs à prendre en considération étaient le prix mondial du pétrole brut, les réserves mondiales et la conjoncture économique.

Jennifer a ensuite été mutée à Toronto où, pendant deux ans, elle a été la représentante du service technique responsable des deux produits spécialisés qu'elle vend maintenant. À ce titre, elle s'occupait des plaintes des clients et aidait à mettre en marché les nouveaux produits dans son domaine.

Jennifer ne regrette jamais ses études de chimie. Même si elle a d'abord craint de se voir confinée à un poste de recherche, elle s'est rendu compte qu'il existe dans l'industrie chimique une grande variété d'emplois pour les femmes qui sont prêtes à défier le système et à chercher à progresser.

PENELOPE CODDING

Penelope Codding a obtenu son doctorat en chimie de la Michigan State University en 1971. Le but de ses recherches est de comprendre de quelle manière les médicaments agissent afin de faciliter la mise au point de nouveaux médicaments plus utiles que les médicaments actuels. L'une des techniques auxquelles elle recourt afin de déterminer la structure d'un médicament est la cristallographie par rayons X.

De nombreuses autres femmes avant elle ont connu du succès dans ce domaine. La liste comprend Dorothy Hodgkin, qui a reçu le prix Nobel de chimie pour avoir décrit la structure de la vitamine B12 au moyen de la cristallographie par rayons X.

La diffraction du rayonnement électromagnétique, ce qui comprend la lumière et les rayons X, se produit lorsque des rayons de "lumière" sont diffusés à partir d'un ensemble régulier de points ou de lignes et où l'espace entre les éléments est comparable à la longueur d'onde. Vous en apprendrez davantage à ce sujet dans votre cours de physique 301. La distance entre les

atomes d'un solide cristallin correspond à la longueur d'onde des rayons X, soit de 0,10 nm à 0,50 nm environ; il s'agit donc d'un moyen utile de déterminer la structure des molécules.

Actuellement, Penelope fait porter ses travaux sur des médicaments agissant sur le système nerveux central. Elle étudie la disposition spatiale des atomes de médicaments dont il est connu qu'ils agissent de la même manière sur les mêmes récepteurs, c'est-à-dire le point de la cellule auquel le médicament s'attache. Elle compare ces structures à des molécules similaires mais inactives. Cette comparaison nous aide à comprendre comment les médicaments agissent dans l'organisme et, conséquemment, à mettre au point de nouveaux médicaments agissant de la même manière mais avec moins d'effets secondaires.

SUZANNE FORTIER

Tout comme Penelope Codding, Suzanne Fortier travaille dans le domaine de la cristallographie par rayons X. Suzanne a étudié au couvent de Saint-Timothée, petit village du sud-ouest du Québec, puis au cégep de Valleyfield. C'est au cégep qu'elle a rencontré un professeur de l'université McGill qui l'a invitée à visiter son laboratoire de cristallographie. Elle a alors découvert une branche de la chimie qui n'est pas synonyme de mauvaises odeurs ou de mains sales et a décidé d'y faire carrière.

Après avoir obtenu son doctorat en chimie de l'université McGill en 1976, elle a travaillé dans un laboratoire de recherche à Buffalo (New-York) jusqu'à ce que l'occasion se présente, en 1982, de revenir au Canada à titre de professeure de chimie à l'université Queen's de Kingston. Elle est la première femme à occuper un poste permanent en chimie.

Suzanne utilise les techniques de la cristallographie par rayons X pour déterminer la disposition des atomes à l'intérieur des molécules des protéines et également pour obtenir une image de la densité des électrons à l'intérieur des liaisons chimiques.

CECILLE MILLIGAN

Cecille Milligan travaille pour la compagnie Dow Chemical depuis sept ans. Elle est actuellement représentante à Toronto, où elle vend de la mousse de polystyrène et d'autres matériaux de construction. Elle aime beaucoup son travail, en particulier sa diversité, car il n'y a pas deux journées pareilles. Elle dit aimer le fait qu'elle a l'entière responsabilité de tous les comptés de son territoire.

Cecille est entrée à la Dow Chemical en 1981 après avoir obtenu son baccalauréat en génie de l'université Queen. Elle était chargée de projet à l'usine de la Dow à Sarnia, relativement aux tuyaux plastifiés. Elle est ensuite partie pour Toronto, où elle a travaillé au service technique. Elle était responsable d'un dérivé du latex ajouté au béton pour en accroître la résistance aux produits corrosifs.

Cecille a un garçon. Elle ne vit plus avec le père de ce dernier, mais ils en ont tous deux la garde. Il vit avec son père la semaine parce que le travail de Cecille l'amène à voyager beaucoup et il passe les fins de semaine avec elle.

CATHERINE MALSEED

Catherine Malseed est responsable de l'assurance de la qualité à la division des produits de santé et de beauté de Proctor et Gamble inc., fabricant de biens de consommation tels que produits pour lessive, produits alimentaires, produits de papier et produits pharmaceutiques. Elle a dans le cadre de son travail conçu un nouveau laboratoire d'essai des produits pharmaceutiques, dont elle assurera la gestion une fois terminé. Elle est également chargée de veiller à ce que les nouveaux produits soient d'une grande qualité et conformes à la réglementation gouvernementale avant leur production à grande échelle. Cathy trouve très intéressant et stimulant cet aspect de

son travail parce qu'elle a beaucoup de responsabilités et qu'elle collabore avec des personnes de domaines très différents tels que la commercialisation, la recherche, la fabrication et la distribution.

Son premier poste à Proctor et Gamble était un poste d'ingénieure des opérations au service des produits alimentaires. Ses tâches concernaient le contrôle de la qualité et la recherche des moyens permettant d'améliorer l'efficacité des opérations. Elle a aimé ce travail parce qu'il était stimulant, qu'il comportait l'application de principes scientifiques à des situations réelles et parce qu'elle faisait partie d'une équipe.

Cathy a étudié le génie chimique dans le cadre du programme coopératif de l'université de Waterloo. Elle juge les programmes de ce genre particulièrement avantageux pour les femmes qui désirent quitter les domaines traditionnels, car ils leur permettent d'acquérir l'expérience du marché du travail tandis qu'elles sont toujours aux études. De fait, elle a pu gagner assez d'argent pour vivre pendant ses études.

Cathy est mariée depuis trois ans à un ingénieur chimiste. Ils n'ont pas encore d'enfants mais prévoient en avoir. Cathy espère poursuivre sa carrière après la naissance des enfants. Son mari appuie fortement son travail. Ils travaillent tous deux pour Proctor et Gamble, qui veillera à ce qu'un emploi soit disponible pour chacun si une mutation survient. Elle estime que ce genre de disposition est de plus en plus courant dans les grandes entreprises et que cela fonctionne bien. Malgré cette situation idéale, Cathy déclare que son mari l'aide beaucoup dans les tâches ménagères (beaucoup plus que la plupart, croit-elle) mais que c'est toujours à l'épouse, comme pour la majorité des femmes de carrière mariées, qu'incombe la plus grande partie du travail.

HARRIET BROOKS

Physicienne et mathématicienne de talent, Harriet Brooks a accompli une bonne partie de son travail à l'université McGill où elle assistait Ernest Rutherford, que nous connaissons par son concept de «l'atome de Rutherford». Il considérait Harriet comme une chercheuse douée et s'est dit déçu lorsqu'elle a abandonné sa carrière pour se marier.

Elle a été une des premières femmes engagées par le Royal Victoria College; c'est le collège pour femmes de l'université McGill fondé en 1899 qui accordait pour la première fois aux femmes une place à l'université. Harriet enseignait les mathématiques et la physique aux jeunes femmes dont elle avait la charge.

Elle a découvert au cours de son travail avec Rutherford le recul de l'atome radioactif.

Elle a poursuivi ses recherches à Cambridge, en Angleterre, sous la direction de J.J. Thomson, découvreur de l'électron, et ensuite sous Marie Curie, qui a découvert la radioactivité, à la Sorbonne.

MARGARET BACK

Margaret Back est professeure à l'université d'Ottawa où elle fait de la recherche et enseigne depuis 20 ans. Elle a deux grands enfants, une fille et un fils, et ses principaux intérêts en dehors de son travail sont les activités en plein air telles que la randonnée pédestre et le canot. Elle aime aussi la musique.

Ses recherches ont porté principalement sur la cinétique des réactions. L'une des réactions qui l'ont intéressée est l'oxydation de l'oxyde de carbone (CO) par l'oxygène gazeux (O_2).

$$2\,CO + O_2 \rightarrow 2\,CO_2$$

Ces gaz forment en présence d'eau un mélange explosif. Une explosion est d'ordinaire le résultat d'une réaction de ramification en chaîne où plus d'une des espèces à l'origine de la chaîne, en l'occurence le radical OH, est formée à partir d'une des espèces résultant de la chaîne, en l'occurence l'atome d'oxygène. Le mécanisme global est donc le suivant:

$$CO + OH \rightarrow CO_2 + H \quad \text{(première étape)}$$
$$H + O_2 \rightarrow OH + O \quad \text{(deuxième étape)}$$
$$CO + O_2 \rightarrow CO_2 + O \quad \text{(réaction globale)}$$

et la réaction donnant la chaîne ramifiée est la suivante:

$$O + H_2O \rightarrow 2\,OH$$

Ainsi, chaque atome d'oxygène produit ci-dessus forme deux radicaux OH qui sont disponibles pour lancer une nouvelle chaîne. Comme ces réactions constituent une partie importante de la combustion du charbon dans les centrales thermoélectriques, le fait de bien comprendre cette réaction chimique pourrait mener à une meilleure utilisation d'une importante ressource naturelle.

Catherine GILBERT, collège régional Champlain. Traduit de l'anglais par Jean Léveillé.

25 Femmes en sciences

Mythe
Les hommes sont plus doués que les femmes pour étudier et pour travailler en sciences.

Anti-mythe
Les femmes qui s'orientent en sciences peuvent réussir aussi bien que les hommes. Ce sont des barrières culturelles qui freinent les femmes de science dans leur carrière et non pas des barrières intellectuelles.

Objectif de l'activité
Prendre conscience de la possibilité pour une femme de faire un choix de carrière scientifique.

Introduction
Le premier des textes annexés illustre l'expérience vécue d'une femme qui a décidé de concilier maternité et carrière scientifique. Le deuxième texte présente une réflexion de Michèle Berthelot concernant la position des femmes devant les applications technologiques des sciences; même si l'on informe les femmes de l'éventail de choix de carrières traditionnellement réservées aux hommes, elles continuent à démontrer plus d'intérêt pour les sciences de la santé que pour les sciences physiques et appliquées.

Matériel requis
- Texte: «Karen Messing: Faire de la science pour changer quelque chose». (pp. 128 à 130)
- Michèle Berthelot: «L'accès des filles au cégep». (pp. 131 à 135)
- «Répertoire de conférencières en emploi non traditionnel». (pp. 136 à 150)

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Inviter une femme de sciences à venir parler de son expérience d'étudiante et de travailleuse dans un contexte encore empreint de l'exclusivité masculine.

En s'inspirant des textes supports, on peut préparer cette entrevue en dressant une liste de questions que l'on aimerait poser à l'invitée, par exemple:

- Quelles difficultés a-t-elle éprouvées?
- Comment s'est fait son choix de carrière?
- Sa famille l'a-t-elle appuyée dans son choix?
- Si cette femme vit avec un conjoint, comment accepte-t-il sa carrière?

- S'il y a lieu, comment arrive-t-elle à concilier sa vie de mère et sa vie de scientifique?
- Pourquoi retrouve-t-on si peu de femmes qui mènent une carrière scientifique?
- Les femmes sont-elles plus attirées vers les applications à caractère social que celles à caractère technologique?

Discussion

Quelle conclusion peut-on tirer de cette entrevue?
Les femmes sont-elles aussi aptes que les hommes à étudier et à travailler dans le domaine des sciences?

Notes/commentaires

Pour trouver une femme de science intéressée à participer à une rencontre avec le groupe-classe, il est possible de:

- communiquer avec l'université la plus rapprochée ou avec une industrie de la région;
- consulter le «Bottin de la Recherche» publié par la revue Interface; on y trouve un répertoire alphabétique (nom, adresse, numéro de téléphone) de personnes travaillant dans le monde scientifique, un index par discipline et un inventaire des institutions;
- consulter les extraits du «Répertoire des conférencières». (pp. 136 à 150)

25.1 KAREN MESSING: FAIRE DE LA SCIENCE POUR CHANGER LES CHOSES*

Dans les recherches de Karen Messing, généticienne à l'Université du Québec à Montréal, c'est l'être humain qui compte d'abord et avant tout. Cette chercheuse a d'ailleurs obtenu une formation en sciences humaines (baccalauréat en psychologie de l'Université Harvard) avant d'opter pour les sciences appliquées (maîtrise en génétique et doctorat en biologie de l'Université McGill). Elle s'intéresse depuis plusieurs années aux effets des radiations ionisantes sur l'humain. Une humaniste (et féministe...) à rencontrer.

Américaine, elle vit au Québec depuis que, en 1965, elle est «tombée en amour avec Montréal». Anglophone, elle travaille en français. Issue d'une famille bourgeoise (mère artiste, père cadre supérieur dans une grande compagnie), elle fait de la recherche avec et pour des travailleuses et travailleurs. Et comme cette spécialiste de la génétique des champignons n'en est pas à un paradoxe près, elle s'intéresse en fait à l'être humain en milieu de travail.

«Il y a pourtant des jours, avoue Karen Messing, où ce serait tentant de rester au laboratoire, à faire de la recherche classique, plutôt que d'aller sur la ligne de feu...»

Mais comme co-directrice du Groupe de recherche-action en biologie du travail (le GRABIT, pour faire court à défaut de faire joli), à l'Université du Québec à Montréal, la docteure Karen Messing s'y retrouve très souvent sur «la ligne de feu». Et même quand elle est dans son labo du pavillon des Sciences, à l'UQAM, elle ne fait pas seulement de la recherche classique. Elle fait de la recherche pour changer des choses.

Sa première expérience en milieu de travail? Elle date d'une dizaine d'années. L'UQAM vient alors de signer un protocole de services (encore en vigueur aujourd'hui) avec les deux grandes centrales ouvrières du Québec, la CSN et la FTQ. Un syndicat, regroupant des travailleurs exposés à une poussière radioactive dans une usine d'affinage de métal, se prévaut de ce protocole pour demander une étude sur les problèmes de santé auxquels ses membres s'exposent en respirant cette poussière. Les travailleurs se demandent notamment s'ils ne risquent pas, à cause de cette exposition, d'avoir des enfants anormaux. Sur les quatre membres de l'exécutif syndical qui ont des enfants, quatre (vous avez bien lu: quatre sur quatre) ont eu des enfants souffrant d'une malformation congénitale plus ou moins grave. La femme d'un autre membre de l'exécutif est enceinte de jumeaux, à ce moment-là; un de ses deux bébés naîtra, lui aussi, avec une malformation congénitale!

«Ça a été mon premier contact avec la génétique appliquée à la santé au travail» se rappelle Karen Messing.

Un contact brutal: du coup, la génétique n'est plus seulement une belle science un peu abstraite. Et un contact difficile: allez dire à quelqu'un qu'il est en quelque sorte le «responsable» de la malformation congénitale de son enfant..

L'étude commence tant bien que mal. On découvre un taux «élevé» de malformations chez les enfants des travailleurs exposés. Mais l'échantillon est très petit, probablement pas représentatif, et il serait hasardeux de tirer des conclusions solides sur le plan scientifique. L'équipe de l'UQAM voudrait faire une étude plus fouillée. Elle demande l'aide à des collègues «Surprise! raconte Karen Messing. On voulait bien collaborer, mais personne ne voulait publiquement associer son nom à ce travail.»

Finalement la compagnie réussit à renvoyer la recherche aux calendes grecques en proposant au syndicat (qui accepte, et on le comprend bien) d'installer un système de ventilation dans l'usine. On ne saura donc pas si les fameuses poussières radioactives causaient effectivement des malformations congénitales. Mais l'intervention aura débouché, indirectement sur un résultat tangible: supprimer une nuisance à la source, ou à tout le moins la réduire.

Depuis cette première recherche, Karen Messing et ses collègues du GRABIT ont fait beaucoup de chemin. Pour s'imposer, au fil des années, comme une des équipes les plus musclées —et les plus respectées— dans le domaine de la santé au travail. Articles dans les revues internationales, subventions généreuses, personnel nombreux (30 personnes, dont 5 chercheuses principales): la «machine» tourne à plein rendement. Le GRABIT a le statut d'équipe associée à l'IRSST (Institut de recherche en santé et sécurité du travail), ce qui lui vaut une subvention de plus d'un demi-million de dollars pour deux ans et demi. Pas mal, il faut le reconnaître,

pour des travaux qui n'auraient pas suscité pour cinq cents d'intérêt il y a seulement quinze ans!

Dossier principal de Karen Messing depuis dix ans: l'effet des radiations ionisantes sur l'humain, à forte mais aussi à faible dose. L'étude est menée en parallèle chez les travailleurs de la centrale nucléaire de Gentilly et chez les techniciennes d'un hôpital de Montréal. Le problème est analysé de deux façons: en laboratoire, sur des globules blancs prélevés chez des personnes exposées, et sur le terrain, grâce à un questionnaire sur les suite des grossesses des travailleuses exposées à des radiations en milieu hospitalier.

La première approche est plutôt complexe. Elle fait appel à une technique très nouvelle qui permet de caractériser, au niveau moléculaire, une mutation génétique très particulière, la mutation HPRT. Une prise de sang et on rentre tranquillement travailler au laboratoire, au milieu des éprouvettes et des ordinateurs! Après avoir isolé les lymphocytes, on les fait pousser dans un milieu qui ne laisse vivre que les cellules mutantes. Et le tour est joué. C'est ce qu'on appelle de la science pointue, séduisante et au goût du jour. Et c'est de la science bien financée, non seulement par l'IRSST, mais aussi par les organismes subventionnaires habituels.

L'autre approche, où on utilise un questionnaire, est un peu moins spectaculaire sur le plan scientifique. D'ailleurs, elle n'est pas subventionnée comme telle, quoique l'IRSST accepte que cette recherche soit exécutée dans le cadre du projet sur les radiations. Aussi progresse-t-elle moins rapidement que la recherche sur les mutations génétiques des globules blancs.

Cette seconde approche a cependant donné lieu à des observations intéressantes pour ce qui touche les problèmes dont souffrent effectivement les travailleuses interrogées, qui parlent plus volontiers des cadences de la production ou des masses à soulever que des radiations. «Nous n'aurions jamais su ça si nous nous étions contentés d'étudier les lymphocytes», commente Karen Messing, notant au passage à quel point il est difficile de financer certaines recherches. «Plus on s'intéresse à l'expérience quotidienne des gens, à leurs conditions de travail concrètes, moins il est facile d'obtenir des subventions.»

Cela dit, le laboratoire continue de passionner la scientifique. Son année sabbatique, elle l'a passée à l'Institut du cancer de Montréal au sein de l'équipe du Dr Bradley, à élaborer la méthode de dépistage de la mutation HPRT. «C'est une technique excellente, dit-elle, la seule actuellement qui permette d'étudier des cellules vivantes. Il s'agit d'un indicateur d'exposition qui peut permettre éventuellement d'identifier l'agent responsable d'une mutation. Mais c'est une technique très complexe, délicate. De plus, cette mutation HPRT n'est associée à aucun cancer. Le test ne permet pas de dire quoi que ce soit à un individu sur ses risques personnels d'être atteint du cancer.»

Les premières études ont porté sur des groupes de personnes exposées à des doses élevées de radiations. On a alors trouvé, comme dans toutes les études du genre, une relation entre la dose reçue et l'importance de l'effet mutagène. Les études ont ensuite porté sur des personnes exposées à des petites doses de rayonnements ionisants. Résultat étonnant et toujours inexpliqué: l'effet mutagène est beaucoup plus élevé que prévu. Il semble proportionnellement plus fort pour des expositions à des doses faibles que pour des expositions à des doses importantes de radiations.

Curieux? «Sans doute, admet la chercheuse. Mais ce n'est pas étonnant que nous ayons trouvé quelque chose de nouveau: nous sommes les seules à posséder une technique pour étudier spécifiquement l'effet génétique d'une exposition à de si faibles doses de radiations.»

Karen Messing —et le nom du groupe qu'elle dirige conjointement avec la neurophysiologiste Donna Mergler le dit bien (les trois autres chercheuses principales sont la généticienne Hélène Dubeau, l'ergonome Nicole Vézina, et l'épidémiologiste Jennifer Ratcliffe)— Karen Messing fait de la recherche-action, de la recherche engagée. «Pas de la recherche suivie d'action, spécifie-t-elle, mais de la recherche qui intègre, à toutes les étapes, les sujets de la recherche.»

N'y a-t-il pas un risque de biaiser les résultats, de trouver des problèmes là où il n'y a même pas de «bobo»? «On ne peut nier que ce risque existe, admet la chercheuse, mais je crois qu'il est surestimé. Par exemple, les travailleuses d'hôpital sont autant et même plus intéressées à apprendre qu'elles ne risquent rien avec les radiations, plutôt que d'apprendre le contraire. Elles n'ont donc pas nécessairement tendance à déclarer plus de problèmes de santé qu'elles n'en éprouvent.»

Il faut dire aussi que cette recherche engagée permet parfois de poser des questions sous un éclairage nou-

veau. C'est d'ailleurs ce que les chercheuses du GRABIT ont fait en «revisitant» ce vieux problème des ghettos d'emplois féminins.

Leurs recherches au sein de l'industrie du poisson et des abattoirs de volaille avaient montré que les postes féminins sont surtout des postes où les cadences sont rapides, le travail répétitif et la posture: «debout-immobile». Les effets de ces conditions de travail sur la santé sont notoires: épuisement, nervosité, stress, maux de dos, de bras, de jambes... Tout cela parce que les femmes n'ont pas de chromosomes Y? Tout cela parce qu'elles rapportent plus de symptômes que les hommes, parce qu'elles se plaignent davantage? «Pas du tout, explique la généticienne. Nous avons examiné les postes de travail dits désexisés et nous avons vu que les hommes qui font le même travail que les femmes se plaignent des mêmes maux que les femmes.» Comme on dit: à travail égal, souffrance égale...

Karen Messing évoque encore et encore d'autres recherches, d'autres enthousiasmes, d'autres projets —comme celui de travailler au sein d'une équipe solide, chaleureuse, composée à 90% de femmes toujours prêtes à collaborer entre elles. Ou le souhait de voir plus de fonds de recherche réservés aux problématiques définies par des groupes sociaux —comme c'est le cas des syndicats dans le cadre du protocole UQAM-CSN-FTQ. Les questions posées par ces groupes ne sont pas toujours «orthodoxes», mais elles assurent un renouvellement de la créativité de la recherche.

Toutefois, Karen Messing ne saurait éviter d'évoquer au moins une déception, et de taille: l'abandon, en 1986, du beau et important projet de la Maison des sciences et des techniques de Montréal. Nommée membre du conseil d'administration deux ans auparavant — «(...) sans doute parce qu'on nommait d'un même coup une féministe, une syndicaliste, une scientifique en exercice, une femme et une anglophone », dit-elle en souriant —, elle s'était engagée à fond dans le projet. «Je voyais déjà ce musée comme une maison où tout le monde se sentirait à son aise. Je ne l'imaginais pas comme un gadget merveilleux, mais comme un endroit confortable, familial. Je croyais aussi que ce serait un moyen, pour les femmes, de ne plus être bloquées devant les sciences...»

Il y a dix ans, en 1978, Karen Messing lançait le cours *Biologie et condition féminine*. La moitié du cours portait sur les bases biologiques de la différence entre les deux sexes, l'autre moitié sur des applications, (par exemple: femme et médecine, femme et sport). Une presque première: ce cours était le deuxième du genre en Amérique du Nord, «(...) mais à quelques jours près à peine», précise-t-elle.

«Non pas que j'aie été féministe au départ, dit Karen Messing. Je le suis devenue à la longue, et passionnément. Mais au début, je voulais, tout simplement relever le défi de faire de la science.»

Un défi qu'elle s'était donné comme on l'aurait fait dans un roman. Bachelière en psychologie de Harvard, chercheuse dans le même domaine, toute jeune mère de famille, elle lisait un jour *La Femme Mystifiée* de Betty Friedan tout en allaitant son premier enfant. Une petite phrase retint son attention: «Les femmes ont peur de la science.» Elle décida de faire de la science...

De la chimie, elle passa à la physique, puis à la biologie, et surtout à la génétique, une discipline «très logique».

C'est comme ça et pour ça que Karen Messing est devenue femme de science.

---

*Yannick VILLEDIEU. «Profils de femmes chimistes canadiennes» dans Interface, jan-fév. 1988, pp. 8 à 10.

25.2 L'ACCÈS DES FILLES AU CÉGEP*

* Communication présentée dans le cadre du colloque «Le cégep: voir loin», organisé par la Confédération des syndicats nationaux (C.S.N.) et ses fédérations de l'éducation.

L'accès des filles au collégial? Le thème même peut surprendre, tellement on a l'impression que cet accès ne pose plus de problème, que la situation est réglée depuis longtemps. Comme je me méfie toujours des évidences, je suis allée y voir de plus près et je vous ferai partager quelques-unes de mes découvertes. Je dresserai d'abord un bilan des acquis des filles en matière d'éducation au cours des vingt (20) dernières années, soit depuis la réforme qui a suivi le Rapport Parent. Je tenterai par la suite de montrer en quoi ces acquis sont à la fois fragiles et à parfaire.

Rappelons qu'au début des années '60, selon les données du Rapport Parent [1], les filles ne représentaient que 14 % de l'effectif des collèges classiques (5 000 / 36 000) et 11% de la population étudiante universitaire (1 231 / 11 239), alors qu'elles étaient «parquées» dans les instituts familiaux, aussi appelés «écoles de bonheur», et dans les écoles normales où elles comptaient pour 100 % et 85 % des diplômés. Dans ce contexte, la réforme mise en place à la suite du Rapport Parent représentait une véritable révolution pour l'éducation des filles. Le décloisonnement de la formation générale et professionnelle impliquant la disparition des écoles spécialisées et sexualisées, la création des cégeps, la gratuité scolaire jusqu'à l'entrée à l'université, ouvraient la voie à un accroissement de la scolarisation des filles qui n'allait pas tarder.

De nos jours, la présence des filles est équivalente à celle des garçons à chaque ordre d'enseignement. Elle est même légèrement supérieure au collégial et au 1er cycle universitaire. Il n'y a plus qu'au doctorat où les femmes demeurent nettement sous-représentées. De plus, les filles affichent en général un taux de persévérance plus élevé et des résultats scolaires légèrement supérieurs à ceux des garçons [2]. Assez pour faire craindre à certains le péril rose! Le bilan saute aux yeux: il y a eu un bond considérable dans l'accès des filles à l'enseignement supérieur. Je dirais, avec un brin de cynisme, que quand on part d'aussi loin, c'est difficile de faire autre chose que des progrès... Mais il faut admettre que le progrès est remarquable et qu'il va bien au-delà des objectifs de la réforme qui l'a suscité.

Les travaux de la Commission Parent ont été menés dans un contexte où les rôles et les droits des femmes n'étaient pas ce qu'ils sont devenus. Jusqu'en 1964, les femmes ne pouvaient effectuer de transactions financières sans la signature de leur mari; elles étaient légalement classées avec les mineurs et les interdits. On ne pensait donc pas en faire des administratrices ou des gestionnaires d'entreprise. Jusqu'en 1971, les femmes n'avaient pas le droit d'être jurée; on les imaginait donc mal avocates et encore moins juges. Durant cette période, enfin, l'annonce et la vente des contraceptifs étaient interdites par le code criminel, et ce jusqu'en 1969, on ne parlait pas encore de l'homme nouveau et l'existence des tavernes semblait aller de soi. Dans ce contexte et dans l'esprit des auteurs du Rapport, l'école préparerait d'abord la jeune femme à la vie familiale et ensuite à la vie professionnelle. Ce deuxième volet de sa formation visait à faire d'elle un être intéressant «possédant une certaine sécurité du fait qu'elle pouvait au besoin aider financièrement son mari ou assumer la subsistance de la famille si ce dernier venait à faire défaut». Les objectifs poursuivis ont donc été, fort heureusement, plus qu'atteints.

Par contre, si on raffine un peu l'analyse, on se rend vite compte que, même si les portes des écoles sont grandes ouvertes, les choix des filles reproduisent, en partie du moins, une version moderne des anciennes écoles de filles. À chaque ordre d'enseignement, la répartition de la clientèle scolaire dans différentes familles de programmes révèle la persistance des filles à s'orienter vers un éventail restreint de programmes, débouchant pour la plupart sur des emplois traditionnellement féminins. À l'automne 1987, au collégial, les filles comptaient pour plus des trois quarts des effectifs de lettres (75,9 %) et de techniques biologiques (77,7 %) alors qu'elles ne représentaient que 13 % de la clientèle de techniques physiques et 45 % de celle des sciences. Environ le tiers des étudiantes de collège 3 (32,3 %) étaient concentrées en techniques de bureau et techniques infirmières. À l'université, malgré des percées importantes dans certains secteurs traditionnellement masculins comme la médecine, le droit, l'administration et l'architecture, les choix des filles restent marqués du sceau de la tradition.

À l'automne 1986, on recensait tout juste un peu plus de 20 % (22,1 %) de filles parmi les inscrits du premier cycle en sciences appliquées alors qu'elles formaient près des trois quarts de l'effectif des sciences de l'éducation (70,8 %) et des lettres (70,5 %) [3].

Il m'apparaît donc qu'il y a une différence énorme entre l'avant et l'après-réforme mais qu'il y a aussi une certaine ressemblance. À l'époque où il fallait être fort en thème, les filles étaient absentes ou presque des collèges classiques; maintenant qu'il faut être fort en math, que l'humanisme a fait place au virage technologique, les filles sont ailleurs qu'en science et technologie. L'accès des filles s'est largement réalisé, certes, mais largement dans des secteurs aujourd'hui dévalorisés, dans ce qu'on qualifie, souvent avec mépris, de secteurs mous ou de programmes allégés. Ce qui est humain, social ou artistique vaut de nos jours bien peu en comparaison de ce qui est reconnu comme scientifique et technique.

Au lieu de prendre cette situation pour acquis, et de se contenter d'inviter les filles à emprunter les intérêts et les choix de formation qui dominent chez les gars, on peut d'abord se demander si cette dévalorisation est justifiée. J'ai été frappée, il y a quelque temps par le titre accrocheur d'un article de La Presse: «Les femmes auraient avantage à se salir les mains au travail». On appelait ainsi les femmes à se tourner vers les emplois de cols bleus plus rémunérateurs. L'avocat du diable (ou l'avocate de la diablesse?) a aussitôt pris place dans ma tête. Mais qui change les couches des bébés? Qui soigne les malades et les vieillards incontinents? Qui manipule les chaussettes et les «bobettes» sales de presque tous les hommes et les enfants du pays? Les femmes! Et on les accuse d'avoir peur de se salir les mains... Ce que j'en conclus, moi, c'est qu'il y a des saletés plus payantes que d'autres, qu'il y a des tâches dont on sous-estime les inconvénients, les exigences et la valeur. Comme par hasard, ce sont surtout des tâches «féminines», prolongement de services qu'on a l'habitude de recevoir gratuitement à la maison.

Lorsqu'une société considère que le travail d'un gardien de zoo mérite une rémunération supérieure à celui d'une gardienne d'enfants, il y a tout de même lieu de s'interroger. Et la solution au problème ne peut se limiter au recyclage des gardiennes d'enfants en gardiennes de zoo. Cette question de l'équité salariale, qui se discute de plus en plus à l'initiative entre autres de la C.S.N., me semble primordiale. Comment se fait-il que le bagage technique, la dextérité manuelle, le tact et le sens des responsabilités d'une infirmière valent moins que la résistance physique et l'habileté technique requises dans le domaine de la construction? Cette situation est étroitement liée à celle de la dévalorisation des programmes de formation présentés majoritairement par les filles et les femmes.

On peut d'ailleurs se demander jusqu'à quel point cette dévalorisation de la formation et du travail des femmes ne va pas en s'accentuant. Un indice: lorsqu'on examine la situation des sortantes et des sortants du collégial [4], on se rend compte que l'écart salarial, loin de rétrécir, a augmenté au cours des trois dernières années. En 1985, les détentrices d'un D.E.C. professionnel travaillant à temps plein, un an après la fin de leurs études, gagnaient 91 % du salaire de leurs confrères de classe; l'année suivante elles n'en gagnaient plus que 88 % et puis, l'année dernière, 84 %. En trois ans, l'écart salarial entre hommes et femmes est donc passé de 9 % à 16 %. Il faut une chute beaucoup moins dramatique à notre indice de fécondité pour faire la une des journaux, côtoyer l'indice Dow Jones au téléjournal - 1,4 en baisse - et se voir désormais hissé, selon le terme même du premier ministre, au rang de véritable question nationale. Je suis plutôt d'avis que, pour les femmes, la véritable question nationale n'est pas tant la question démographique que la question du fric, mais enfin...

Le problème est d'ailleurs complexe. Il semble que ce ne soit pas seulement leurs choix de formation qui pénalisent les filles mais tout simplement leur sexe. Je m'explique. Prenons un programme de formation mixte, où l'on compte un nombre équivalent de filles et de garçons, les techniques informatiques, les diplômés de 1986 un an après la fin de leurs études y gagnaient 5% de plus (350 $ contre 336 $) que leurs consoeurs de la même promotion. Si l'on ajoute à cela le fait que les garçons sont plus nombreux à poursuivre leurs études après le D.E.C., on imagine facilement que l'écart augmentera avec les années.

Aussi, les filles qui sortent des sentiers battus, si elles peuvent en tirer certains avantages, n'en deviennent pas pour autant les égales des garçons. Par exemple, en 1987, les détentrices d'un D.E.C. en électronique de 1986 gagnaient 20 $ de plus par semaine que leurs consoeurs de secrétariat mais 43 $ de moins que leurs confrères en électro. D'un autre côté, les garçons qui se pointent le nez dans les programmes traditionnellement féminins semblent mieux accueillis. La même année, en

techniques infirmières, pour un travail à temps plein, les garçons retiraient 80 $ de plus par semaine que leurs consoeurs. J'ai cherché des explications rationnelles, je n'en ai pas trouvées. J'ai pensé alerter l'opinion publique en qualifiant de Syndrome d'Instruction Déficiente Acquise le mal qui frappe particulièrement les filles au moment de leur intégration à l'emploi. Répandez la nouvelle, on finira peut-être par s'intéresser à la prévention... Bien sûr, il faudrait approfondir l'analyse pour avoir une image plus complète de la situation comparative des diplômés et des diplômées. J'espère cependant que ces quelques exemples suffiront à ébranler la tranquille assurance que le progrès progresse et que la disparition des inégalités salariales entre hommes et femmes se fera d'elle-même, avec les ans, et d'autant plus vite que les filles se décideront à envahir les chasses-gardées masculines.

Si, comme je viens de l'illustrer, l'accès des filles aux programmes de formation traditionnellement masculins n'est pas la panacée à tous les maux, il n'en demeure pas mois que l'élargissement de l'éventail des choix de carrière des filles reste un objectif à poursuivre. Rappelons que:

- les occupations traditionnellement masculines — celles où l'on compte au moins deux fois plus d'hommes que de femmes— représentent près des deux tiers des occupations (338 / 502) [3] alors que la majorité des femmes demeurent confinées dans 20 de ces 502 groupes professionnels. Il y a donc là tout un champ à investir, ne serait-ce que pour le plaisir... Les femmes aussi peuvent éprouver de la satisfaction à concevoir des projets, diriger des entreprises, réparer des appareils, inspecter des produits ou expérimenter des prototypes;

- en attendant d'obtenir l'équité salariale, les femmes auraient avantage à partager les occupations traditionnellement masculines qui offrent en général des conditions d'emploi et de salaire plus avantageuses. La concentration massive des femmes dans un nombre limité de professions pourrait expliquer 40% de l'écart salarial; [4]

- les prévisions de main-d'oeuvre, malgré le flou artistique qui les caractérise de plus en plus, annonce une faible croissance de l'emploi dans la plupart des secteurs féminins (enseignement, santé et secrétariat); la vente et les services font exception mais les femmes y travaillent déjà en grand nombre et à des conditions peu enviables. Parallèlement, les professions des sciences appliquées de même que celles dans la direction et l'administration, secteurs fortement masculinisés, accroîtront leur part dans l'emploi au Québec; [7]

- les filles qui sortent des sentiers battus ne semblent pas le regretter. Un sondage mené par le ministère de l'Éducation [8] auprès de 851 travailleuses occupant des emplois non traditionnels révèle un taux de satisfaction élevé. Neuf travailleuses sur dix affirment qu'elles sont satisfaites ou très satisfaites de leur emploi. Dans des proportions équivalentes, elles souhaiteraient travailler dans le même domaine d'ici trois ans, si elles en avaient la possibilité. À titre de comparaison, selon le Rapport sur la condition enseignante [9], la moitié des professeurs du collégial affirment vouloir travailler ailleurs qu'au cégep.

On peut donc conclure qu'il y a plusieurs bonnes raisons d'inciter les filles à choisir des carrières non traditionnelles.

Mais encore là, quand on veut convertir les dames de coeur en hommes de science, on est vite confronté au problème suivant: pourquoi les étudiantes ne se laissent-elles pas convaincre? En effet, la progression est si lente, qu'au rythme d'évolution des dix dernières années, on n'atteindrait la parité de représentation des filles et des garçons en techniques physiques que dans 150 ans; en sciences appliquées, il faudrait compter près d'un demi-siècle.

On a beaucoup parlé de l'allergie des filles pour les sciences, ce qui leur fermerait la porte aux programmes non traditionnels. On a même questionné leurs aptitudes pour finalement se rendre compte que leurs résultats scolaires en science étaient, tant au secondaire qu'au collégial, équivalents ou supérieurs à ceux des garçons. On est également à même de constater que les étudiantes ne dédaignent pas les sciences en soi, comme en témoigne leur présence importante en techniques biologiques et en science de la santé. On remarque qu'elles fuient d'autant plus l'étude des sciences qu'elles se situent dans un contexte technologique par exemple en techniques physiques et en sciences appliquées, là où, entre autres, elles ne trouvent pas réponse à leurs intérêts sociaux.

On peut alors se demander si le problème réside au coeur des filles ou au coeur de la science et de la technologie.

On a souvent tendance à voir le rejet des sciences et de la technologie par les filles comme une manifestation de leur aliénation. On pourrait à l'inverse se demander si, sous l'engouement apparent des garçons pour les formations scientifiques et technologiques, ne se cache pas tout simplement une forme de contrainte imposée par leur rôle d'éventuels pourvoyeurs. Les gars se sont peut-être tout simplement résignés à l'idée que l'étude des sciences était le prix à payer pour avoir un emploi alors que les filles choisissent d'abord ce qu'elles aiment. Il pourrait être intéressant d'utiliser l'actuel désintérêt des filles à l'égard des programmes de formation scientifiques et techniques comme indicateur de l'insatisfaction de l'ensemble des élèves face aux programmes dispensés. On arriverait peut-être à la conclusion qu'il faut redéfinir cette formation en la liant plus aux réalités quotidiennes des élèves et à leurs préoccupations sociales.

De la même manière, on peut se demander pourquoi le travail avec des systèmes scientifiques, techniques ou mécaniques serait incompatible avec des intérêts sociaux. Se pourrait-il qu'on ne soit pas là en présence d'une aliénation des filles mais plutôt d'une manifestation des carences de l'organisation du travail modelée par les hommes?

Pour attirer les filles dans les secteurs scientifiques et techniques, on tente de plus en plus de mettre en évidence le caractère social de la science. Si le mythe du savant solitaire, obsédé par les électrons, doit être démoli et que le travail en équipe qui se pratique dans les laboratoires et les ateliers mérite d'être connu, il faudrait prendre garde de ne pas propager un autre mythe, celui de la bonne science dont les découvertes assurent automatiquement le progrès humain. Les filles enrôlées sous une fausse représentation risqueraient de ne pas se maintenir longtemps dans leurs nouvelles orientations en réalisant que la science et que la technologie soutiennent largement la guerre, la pollution et la division du travail. On m'a demandé de «voir loin», alors je me suis permise de porter mon regard jusqu'au coeur de la science... Je présume que le jour où l'on fera de la science et de la techno vraiment intéressantes, avec un enseignement correspondant, les filles n'élimineront pas cette source de plaisir. En matière de santé, les analyses féministes nous ont appris que sous la dépression et la frigidité des femmes se cachait une remise en question radicale des rapports sexuels, affectifs et sociaux entre les hommes et les femmes. Il en va de même en matière de formation et d'emploi scientifiques et technologiques : si les robots nous laissent froides, c'est peut-être pas seulement parce que nous sommes frigides!

Pour revenir à notre question de départ, on peut conclure que l'accès des filles au collégial, et de manière générale à l'enseignement supérieur, est maintenant acquis. Un acquis fragile, sensible aux courants de dévalorisation des activités humaines et sociales. Un acquis à parfaire: une fois ouvertes les portes du cegep, il reste encore bien des cloisons à abattre pour rendre accessibles aux femmes toutes les pièces de l'institution.

Michèle Berthelot
Coordination à la condition féminine, M.E.Q. 12 mars 1988

Notes

1. Rapport Parent. Rapport de la Commission royale d'enquête sur l'enseignement dans la province de Québec, tomes I et II, M.E.Q., 1963. Les statistiques universitaires excluent les arts.

2. M.E.Q. Indicateurs sur la situation de l'enseignement primaire et secondaire, édition 1987; Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Science, Direction générale de l'enseignement collégial, (D.G.E.C.), *Statistiques sur la réussite au collégial*, session automne 1986.

3. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Science, D.G.E.C., Système d'information et de gestion des données sur l'effectif collégial, effectif de l'ensemble du réseau, régulier, temps plein, automne 1987; M.E.S.S., Direction de la planification et du développement, inscriptions à temps complet au 1er cycle universitaire, automne 1986.

4. MICHEL, Pierre. Relance au collégial, Promotion 1984-1985 et 1985-1986, Direction des études sur l'emploi et les carrières, M.E.Q.

5. C.E.I.C. Les femmes et les professions non traditionnelles. Liste des professions par code C.C.D.P. à 4 chiffres, identifiées comme étant non traditionnelles pour les femmes. Région du Québec, Groupes spéciaux et action positive/Formation, C.E.I.C., 1984.

6. BOULET, Jac-André. «La diversification professionnelle des femmes en milieu de travail», Pour un partage équitable, Conseil économique du Canada, 1985, p. 37.

7. DELAGRAVE, Louis, PARENT, Luc et BÉLAND Pierre. «L'emploi par profession: évolution passée et perspective pour 1993», Le marché du travail, vol. 8, no. 2, février 1987; Direction des études sur l'emploi et les carrières, *L'emploi et les carrières à l'aube des années* 90, M.E.Q., 1987.

8. BERTHELOT, Michèle et Nicole COQUATRIX. Résultats préliminaires de l'étude portant sur les jeunes travailleuses en emploi non traditionnel, Coordination à la condition féminine, M.E.Q., novembre 1987.

9. CALDWELL, Gary et Simon LANGLOIS. «Les cégeps vingt ans après», Recherches Sociographiques, vol. 27, no. 3, 1986, p. 363.

Répertoire de conférencières en emploi non traditionnel

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: GUAY Mireille

Disponibilité pour la région de: Estrie

Langues parlées: français, anglais, allemand et suédois

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: assistante de recherche en biochimie

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Département de biochimie
Faculté de médecine
Université de Sherbrooke
SHERBROOKE J1K 2R1

Tél.: (819) 565-2088

Ses tâches et responsabilités

Mettre au point des expériences nouvelles en vue de déterminer la structure de l'élastine, une protéine du tissu conjonctif dont la dégradation est responsable de maladies comme l'artériosclérose, l'emphysème et le vieillissement naturel de la peau

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
Université de Sherbrooke	Chargée d'enseignement en chimie

FORMATION

Maîtrise en sciences, Université de Montpellier, France, 1968
Diplôme en génie chimique, École nationale Supérieure de chimie de Montpellier, France, 1968
Doctorat en chimie organique, Université de Sherbrooke, 1975

Expérience comme conférencière: **oui: X** **non:**

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: HUOT Annette

Disponibilité pour la région de: Saguenay et Québec

Langue parlée: français

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: enseignante en techniques du milieu naturel

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Cégep de Saint-Félicien
1105, boul. Hamel
SAINT-FÉLICIEN G0W 2N0

Tél.: (418) 679-5412

Ses tâches et responsabilités

Responsable des cours de chimie, biochimie, liquides biologiques, instrumentation, pollution de l'air et écotoxicologie de l'environnement.
Responsable d'un projet de recherche sur les pluies acides subventionné depuis 1982 par le Fonds F.C.A.R. pour les chercheurs des collèges.

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions

FORMATION

Bac. en sciences, option biochimie, Université Laval, 1975
Doctorat en biochimie, Université Laval, 1979

Expérience comme conférencière: **oui:** **non:** X

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: MARCOUX Lucie

Disponibilité pour la région de: Québec

Langues parlées: français et anglais

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: superviseure de la qualité

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Imperial Tobacco
1035, rue Vincent Massey
QUÉBEC G1K 7L9

Tél.: (418) 687-0802

Ses tâches et responsabilités

Chargée de la supervision de 14 employés devant inspecter les matières premières, le produit fini et effectuer les tests de contrôle de procédé.

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
CÉGEP F.-X. Garneau	Enseignante en chimie
Esso Impérial, Raffinerie de Montréal Est	Chimiste-Laboratoire de contrôle de la qualité

FORMATION

Bac. en chimie
Cours d'informatique et de gestion du personnel

Expérience comme conférencière: **oui:** X **non:**

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: TRAN Thi Sen

Disponibilité pour la région de: Québec

Langue parlée: français

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: chercheuse scientifique

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

MAPAQ - Complexe scientifique
2700, rue Einstein
SAINTE-FOY G1P 3W8

Tél.: (418) 643-2334

Ses tâches et responsabilités

Recherche en chimie et en fertilité des sols et en relation sol-plante
Expériences en serre et aux champs
Travail avec les techniques isotopiques

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
Université Laval	Chercheuse scientifique au département des sols

FORMATION

Bac. en sciences, option chimie, Université Laval
Maîtrise en sciences agronomiques, Université Laval

Expérience comme conférencière: **oui:** X **non:**

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: A. DANCY Edna

Disponibilité pour la région de: Montréal

Langues parlées: français et anglais

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: chercheuse-chimiste

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Hydro-Québec
Institut de recherche
C.P. 1000
VARENNES JOL 2P0

Tél.: (514) 652-8419 ou 652-8011

Ses tâches et responsabilités

Recherche scientifique dans le domaine des matériaux tels que: métaux, céramiques, ciments, bétons, etc.

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
Westinghouse	Chercheuse

FORMATION

Bac. en sciences, option chimie
Doctorat en chimie

Expérience comme conférencière: oui: X non:

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: LARUE Marie

Disponibilité pour la région de: Montréal

Langue parlée: français

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: chimiste

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

C.S.S.T.
1199, rue Bleury
MONTRÉAL H3B 3J1

Tél.: (514) 873-6374

Ses tâches et responsabilités

Soutien aux intervenants en santé du travail et en toxicologie

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
Meqck Proust	Chercheuse en chimie
C.S.S.T.	Chimiste

FORMATION

Bac. en sciences, option chimie
Maîtrise en sciences, option chimie
Diplôme de 2e cycle en toxicologie
Diplôme de 2e cycle en administration

Expérience comme conférencière: **oui:** **non: X**

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: RÉMY Lise

Disponibilité pour la région de: Montréal

Langue parlée: français

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: chimiste

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Groupe Lavalin inc.
1325, rue Newton
BOUCHERVILLE J4B 5H2

Tél.: (514) 655-9510

Ses tâches et responsabilités

Analyse en laboratoire: BPC, pesticides, par chromatographie en phase gazeuse

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
Divers cégeps	Enseignante en chimie
Défense Nationale	Officière de réserve

FORMATION

Cours d'officier pour les cadets de l'armée
Bac. en sciences, option chimie, Université de Montréal

Expérience comme conférencière: **oui:** **non:** X

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: SAINT-JOLY Christine

Disponibilité pour la région de: Montréal

Langues parlées: français et anglais

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: chimiste en chimie analytique

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Imperial Tobacco Ltd
3810, rue Saint-Antoine
Montréal H6C 1B5

Tél.: (514) 932-6161

Ses tâches et responsabilités

Responsable des analyses spéciales sur le tabac, la fumée et l'environnement
Supervision du travail de 2 techniciennes

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
Elf Aquitaine, compagnie pétrolière française	Responsable du groupe de chromatographie gazeuse

FORMATION

École d'ingénieur chimiste, France
Doctorat en chimie de coordination

Expérience comme conférencière: **oui:** **non: X**

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: BOILEAU Camille

Disponibilité pour la région de: Montréal

Langues parlées: français et anglais

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: chef de la division d'inspection des aliments

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Direction générale de la protection de la santé
1001, rue Saint-Laurent ouest
LONGUEUIL J4K 1C7

Tél.: (514) 283-5474

Ses tâches et responsabilités

Gestion d'une division comportant 35 employés répartis sur 6 districts à travers le Québec
Administration du programme de la surveillance des aliments dans le cadre de la loi des aliments et drogues

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
Protection de la santé	Surveillance de district
Protection de la santé	Inspectrice
Laboratoire Ayerst	Chercheuse

FORMATION

Bac. en sciences, option chimie
Maîtrise en administration (M.B.A.)

Expérience comme conférencière: **oui: X** **non:**

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: TARDY Christiane

Disponibilité pour la région de: Montréal

Langues parlées: français et anglais

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: superviseure du secteur des procédés

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Hercules Canada Inc.
1245, rue Sherbrooke Ouest
MONTRÉAL

Tél.: (514) 652-9851

Ses tâches et responsabilités

Responsable de la production: planification, réparation, organisation, communication et personnel dans une usine de fabrication de pellicule d'emballage
Supervision de 40 personnes travaillant sur de grosses machines de haute technologie

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
Dupont Canada Inc	Chef de groupe au service technique, chimiste de procédé

FORMATION

Bac. en sciences, option chimie, Université de Montréal, 1980

Expérience comme conférencière: **oui: X** **non:**

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: KAHNE-MERCURE Martha

Disponibilité pour la région de: Montréal et les environs

Langues parlées: français et anglais

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: directrice du contrôle de la qualité

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Headt & Charton Inc.
9393, boul. Louis H. Lafontaine
ANJOU H1J 1Y8

Tél.: (514) 353-8950

Ses tâches et responsabilités
Responsable de la qualité des produits manufacturés et distribués: composantes, matériaux en vrac et produits finis
Chargée des liaisons avec les laboratoires d'analyses et les différents ministères

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
Bio-Millet	Directrice du contrôle de la qualité
Ayerst McKenna	Chimiste

FORMATION

Bac. en sciences, option chimie, Université McGill, 1969

Expérience comme conférencière: **oui: X** **non:**

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: KAYLER Hélène

Disponibilité pour la région de: Montréal

Langue parlée: français

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: professeure de didactique des mathématiques

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Université du Québec à Montréal
C.P. 8888, Succursale A
MONTRÉAL H3C 3P8

Tél.: (514) 282-3600

Ses tâches et responsabilités

Cours pour la formation initiale et pour le perfectionnement des maîtres
Recherche auprès d'élèves du primaire
Implantation du micro-ordinateur à l'école

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions

FORMATION

Bac. en sciences
Maîtrise en sciences, option mathématique
Formation en psycho-pédagogie
Formation de base en «micro-ordinateur»

Expérience comme conférencière: **oui:** **non: X**

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: HODUC Nga Ton

Disponibilité pour la région de: Montréal

Langue parlée: français

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: chef de laboratoire d'enseignement
responsable de laboratoire de recherches des macromolécules

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Université du Québec à Montréal
Département de chimie
C.P. 6128, Succursale A
MONTRÉAL H3C 3J7

Tél.: (514) 343-6733

Ses tâches et responsabilités

Responsable du personnel technique
Responsable du laboratoire de recherche de caractérisation des macromolécules (à l'état solide et en solution)

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions

FORMATION

Bac. en sciences, option chimie, Université de Montréal, 1963
Maîtrise en sciences (chimie des macromolécules), Université de Montréal, 1964
Doctorat en chimie des macromolécules, Université de Montréal, 1967
Boursière du Conseil national de recherches du Canada

Expérience comme conférencière: **oui:** X **non:**

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: VINCENT Hélène

Disponibilité pour la région de: Montréal et Laval

Langue parlée: français

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: chimiste - gérante de la qualité

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Provigo (Distribution) Inc.
Division des viandes
2600, avenue Francis-Hugues
LAVAL H7S 2C1

Tél.: (514) 382-6460

Ses tâches et responsabilités

Responsable de la qualité du produit fabriqué, prix de revient, production, achat et vente

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
Canada Packers Inc	Directrice de l'assurance qualité et du contrôle de la qualité

FORMATION

Bac. en sciences appliquées, option alimentation, Université Laval, 1978
Maîtrise en administration des affaires, H.E.C., en cours

Expérience comme conférencière: oui: X non:

FICHE GÉNÉRALE DE LA CONFÉRENCIÈRE

Nom: LECOMPTE MARMO Elise

Disponibilité pour la région de: Montréal

Langues parlées: français et anglais

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Emploi actuel: spécialiste en formulation des métaux d'apport pour le soudage

Nom, adresse et numéro de téléphone de l'employeur

Air Liquide Canada
5035, rue Rouen
MONTRÉAL H1H 1J3

Tél.: (514) 255-7741

Ses tâches et responsabilités

Élaborer des projets pour le développement de nouveaux produits
Reproduire des formules en laboratoire avec des équipements similaires à ceux des usines
Organiser les essais en usine avec les contremaîtres et les opérateurs
Participer au contrôle de la qualité avec l'assistance de 2 techniciens-soudeurs

Autres expériences de travail dans une profession non traditionnelle

Employeurs	Fonctions
École Polytechnique de Montréal	Professionnelle de recherche en génie métallurgique
Cégep du Vieux-Montréal	Enseignante d'électrométallurgie

FORMATION

Bac. en chimie, Université de Montréal, 1976
Diplôme d'études complémentaires en métallurgie, École Polytechnique de Montréal, 1981
Certificat en gestion, H.E.C., en cours

Expérience comme conférencière: **oui:** X **non:**

Référence: QUÉBEC, Ministère de l'Éducation, Coordination à la condition féminine. Répertoire de conférencières en emploi non traditionnel, Québec (s.d.)

26 Jeu-questionnaire

Mythe
L'apprentissage de la chimie nécessite un travail aride et monotone.

Anti-mythe
Il est possible d'apprendre en s'amusant.

Objectifs de l'activité
- Acquérir des connaissances dans le domaine de la chimie, bien sûr, mais en relation étroite avec d'autres disciplines.
- Saisir l'importance d'une approche globale dans la résolution des problèmes sociaux.

Introduction
Une approche pédagogique telle l'approche systémique ou l'approche thématique s'avère un outil idéal pour contrer le mythe de la dichotomie chimie-société. L'approche systémique, à l'opposé de l'approche analytique, consiste à étudier simultanément les différentes facettes d'un problème, ce qui permet, par exemple, d'observer les interrelations des aspects sociologique, économique et politique. Quant à l'approche thématique, elle consiste à greffer un contenu théorique autour d'un thème, de façon à situer la chimie dans la réalité de la vie quotidienne. Ainsi, la chimie des solutions peut être enseignée à partir de la thématique «L'eau», le modèle atomique et la chimie nucléaire peuvent être reliés à «La course aux armements», etc. Les approches systémique et thématique exigent certes beaucoup de recherche et de préparation de la part des enseignants et enseignantes, mais elles fournissent la satisfaction de transmettre des savoirs autant pratiques que théoriques à ceux et celles qui composeront la société de demain.

Le jeu de questions-réponses décrit ci-dessous vise à agrémenter le processus d'apprentissage, afin d'aider les élèves à mieux saisir la matière et à élargir l'horizon de ses applications.

Durée
Il faut compter quelques heures de travail faites par les élèves pour se documenter et formuler des questions qui serviront au jeu. Cette étape peut même se poursuivre pendant une partie de la session. La réalisation comme telle du jeu exige une période d'environ une heure.

Déroulement de l'activité
Cette activité est idéalement réalisée dans le cadre d'un cours de chimie présenté selon une approche thématique; l'enseignant ou l'enseignante aura fait préalablement le choix d'un thème qui pourrait être, par exemple, «Les médicaments».

1. Cueillette de l'information

- Division du thème en sections traitant différents aspects. Ainsi, à l'intérieur du thème «Les médicaments», les sections abordées pourraient être: histoire, chimie, physiologie et biochimie, aspect socio-politique.
- Formation des équipes de travail, formées de 4 à 6 personnes. Chaque équipe est identifiée par une couleur, soit, par exemple, le rouge, le jaune, le vert et le bleu.
- Répartition des tâches à l'intérieur de l'équipe: chaque membre de l'équipe prend en charge une section en vue de procéder à la recherche bibliographique subséquente; ainsi, toutes les sections seront couvertes par l'équipe.
- Recherche bibliographique proprement dite. Cette étape implique chaque élève, lequel doit consulter les ouvrages en bibliothèque, particulièrement les périodiques et les journaux, pour recueillir les informations pertinentes et indispensables à la formulation des questions du jeu. Ces informations peuvent être consignées sur des fiches et consultées au moment du jeu comme aide-mémoire.

2. Formulation des questions

À partir du travail de recherche, chaque équipe de travail doit:

- compiler les informations recueillies afin de s'assurer que tous les aspects ont été traités;
- formuler pour chacun des aspects un certain nombre de questions et de réponses claires et accessibles, en s'assurant que celles-ci ont été suffisamment vulgarisées. Cette étape se fait en collaboration avec l'enseignant ou l'enseignante;
- classer les questions par section et selon la difficulté (1,2 ou 3).

3. Jeu

- L'enseignant ou l'enseignante rappelle les règles du jeu et invite à une compétition empreinte d'humour.
- Les questions sont adressées aux équipes dans l'ordre décroissant des longueurs d'onde des couleurs qui les identifient, soit à l'équipe rouge d'abord, jaune ensuite..., en terminant par l'équipe bleue.
- L'équipe fait le choix du secteur et de la difficulté (1,2 ou3) de la question qui lui sera posée. Le nombre de points attribués correspond à l'ordre de la difficulté.
- Si une question porte une sous-question-boni, l'enseignant ou l'enseignante l'indique avant de poser sa question. Une question-boni réussie ajoute 1 point.
- Si l'équipe ne peut répondre ou que la réponse est insatisfaisante, la question est adressée à l'équipe suivante et ainsi de suite si la dernière équipe ne peut toujours pas répondre correctement. Cependant, le questionnement à tour de rôle n'est alors pas altéré et la question suivante va à l'équipe qui aurait eu son tour si la bonne réponse avait tout de suite été donnée.
- Le jeu s'arrête après un tour complet au cours duquel une équipe a accumulé 20 points, avec au moins 2 points dans chacun des secteurs.

Notes/commentaires

Pour une activité plus courte, l'enseignant ou l'enseignante peut sélectionner au préalable les documents à lire et préparer les questions pour le jeu.

Par contre, il peut être intéressant d'organiser ce jeu avec beaucoup plus d'envergure. L'expérience a été vécue au cégep de Limoilou, grâce à la participation de plusieurs classes d'un enseignant et de deux enseignantes du département de chimie. Le partage des tâches s'est fait ainsi:

- Animateurs et animatrices: 2 ou 3 personnes dont la tâche consiste à administrer l'ensemble du jeu (présentation, déroulement, mot de la fin).
- Banquiers et banquières: 4 personnes chargées de poser les questions lors du jeu.
- Jury: groupe de 4 personnes dont le travail consiste à trancher sur les réponses apportées par les participants et participantes.
- Pointeurs et pointeuses: 4 personnes chargées de l'affichage des points accumulés par les classes participantes.
- Équipes porte-parole: chaque équipe est formée de 4 personnes élues dans chacune des classes pour répondre aux questions. Les autres élèves de la classe sont aussi regroupés en équipes.
- Une consigne s'ajoute alors aux règles préétablies:
  Si une équipe répond incorrectement à une question, ou encore si le jury décrète que la réponse est insatisfaisante, l'équipe porte-parole fait appel à sa classe. La première équipe de la classe à lever la main est autorisée à se rendre auprès des porte-parole et à leur porter conseil durant une période qui n'excède pas 30 secondes. Les porte-parole répondent alors immédiatement. Si la réponse demeure insatisfaisante, le banquier ou la banquière y répond. Une sous-question-boni ne peut faire l'objet d'une consultation.

Discussion

- Échanger sur les apprentissages résultant de cette activité, tant sur le plan organisationnel que sur le plan cognitif: travail de synthèse, travail d'équipe, acquisition de connaissances, etc.
- En plus d'être enrichissante, l'expérience fut-elle agréable?

Conception et rédaction

Collectif de chimie, cégep de Limoilou

27 Smarties

Mythe
La démarche scientifique est aride, complexe et rébarbative.

Anti-mythe
La science est une discipline accessible; ainsi on peut appliquer la méthode scientifique sur des objets familiers.

Objectif de l'activité
Enseigner la méthode scientifique à partir d'un exemple très simple de la vie courante: l'examen d'une boîte de Smarties.

Matériel requis
Boîtes de Smarties
Balance de précision (facultatif, mais plus intéressant)

Contenu théorique
À partir d'un exemple simple (pas «épeurant»), on apprend une démarche qu'on généralise ensuite à toute expérimentation durant la session. On voit aussi que c'est ainsi que progresse la science. On n'invente pas à partir de zéro chaque jour. On connaît différents éléments. On s'interroge sur un élément nouveau. On pose une hypothèse. On vérifie... Si le résultat est négatif, on pose une nouvelle hypothèse, et ça continue.

Durée
2 heures

Déroulement de l'activité
En équipe de deux personnes, les élèves examinent une boîte de Smarties.

1. L'équipe doit formuler une hypothèse (ex.: tous les bonbons ont la même masse; la masse indiquée sur la boîte est exacte, la masse indiquée sur la boîte correspond à la masse des bonbons sans emballage; il y a le même nombre de bonbons de chaque couleur dans chaque boîte...). Nous en profitons pour enseigner comment formuler une hypothèse.

2. L'équipe doit proposer par écrit un moyen de vérifier l'hypothèse. Une discussion avec l'enseignant ou l'enseignante concernant ce moyen peut être intéressante (nombre de mesures, précision des instruments).

3. L'équipe procède à l'expérimentation.

4. L'équipe présente ses résultats sous forme de tableau.

5. L'équipe porte une conclusion à savoir si l'hypothèse est confirmée ou infirmée.

6. L'équipe peut ajouter une discussion des résultats, si c'est pertinent.

Discussion
L'enseignant ou l'enseignante alimente une discussion en faisant ressortir que la méthode scientifique expérimentée par les équipes est couramment utilisée dans le monde des sciences.

Conception et rédaction
Jocelyne Pagé, Jaque Couture et Denis Breton, cégep François-Xavier-Garneau

28 Bonne et unique méthode

Mythe
Il n'existe qu'une seule méthode pour résoudre un exercice.

Anti-mythe
Des méthodes différentes peuvent, de façon équivalente, permettre de résoudre un exercice.

Objectif de l'activité
Constater qu'il n'existe pas une méthode unique —la méthode du professeur— pour résoudre un exercice.

Introduction
Assez fréquemment, les élèves sont portés à utiliser la méthode enseignée par le professeur ou la professeure pour résoudre un exercice, au lieu de chercher à le faire selon leurs propres moyens, comme ils le comprennent. Il peut leur être utile de vérifier que tous et toutes n'apportent pas nécessairement une solution identique, mais qu'ils réussissent quand même avec une méthode personnelle. Bien entendu, il ne suffit pas que d'arriver à la bonne réponse; la clarté et la cohérence demeurent de rigueur.

Contenu théorique
L'exercice suivant permet d'utiliser le nombre d'Avogadro et d'approfondir la notion de mole.

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
1. Faire résoudre individuellement un exercice simple qui permettra de comparer différentes méthodes de travail aussi valables les unes que les autres. L'exercice pourrait être le suivant (ou n'importe quel exercice qui demande plusieurs opérations pour être résolu).

   «Quand serez-vous molénaire? » Un travail vous permet de gagner 1000 $ par seconde. Si vous travaillez 8 heures par jour, 5 jours par semaine, 48 semaines par année, en combien d'années aurez-vous gagné 1 mole de dollars?

2. Un élève choisi au hasard vient résoudre son exercice au tableau. Puis, quelqu'un d'autre qui a procédé autrement peut venir à son tour expliquer sa méthode.

Discussion

Avec ces exercices simples, il apparaît assez clair qu'il n'existe pas qu'une seule méthode pour résoudre un exercice. Il en va de même pour les exercices plus complexes. La compréhension permet de travailler avec sa propre méthode, si elle est cohérente bien sûr, ou d'expliquer un principe en ses propres mots, lorsqu'on a acquis le vocabulaire de base essentiel pour parler de chimie.

29 Philipps 6/6

Mythe
Le professeur est la seule personne-ressource capable d'apporter des informations en chimie.

Anti-mythe
Seul ou en groupe et en exploitant ses connaissances antérieures, il est possible de dégager au moins certains éléments d'un contenu spécifique qui, à prime abord, apparaît étranger.

Objectif de l'activité
Étudier un sujet en mettant en commun les connaissances éparses des élèves.

Introduction
Lorsque plusieurs personnes mettent en commun leurs connaissances, avec la participation d'une animatrice ou d'un animateur chargé de regrouper les idées et de faire un résumé-synthèse, il est possible de développer un sujet de façon assez élaborée et précise et d'en dégager les lois et les principes. Il est valorisant d'avoir participé à un travail qui est construit en groupe, lorsque le résultat d'envergure apparaît à la fin.

Le cas soumis à l'étude peut être proposé par le professeur; par exemple:

- Les additifs alimentaires.
- La conservation des aliments.
- Les vitamines.
- Tout autre sujet d'intérêt dont les élèves possèdent une certaine connaissance.
- Le sujet peut être choisi par le groupe-classe, en ajoutant une étape supplémentaire au début de l'activité où l'on donne quelques minutes pour ressortir en équipe d'abord, en plénière ensuite, les sujets connus qui rejoignent les intérêts ou préoccupations de la majorité.

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
1. Le groupe est divisé en équipes de 6 personnes ou moins qui doivent se nommer un rapporteur ou une rapporteuse (voir à ce que le groupe se nomme une personne différente chaque fois). Idéalement, le plan d'étude (décrit au point 2) devrait comporter deux points de moins que le nombre d'équipiers. À la fin de cette activité, on doit être capable de faire ressortir les principes et les lois du cas à l'étude.

2. Demander aux équipes de proposer un plan d'étude d'un «cas» (sujet connu par l'ensemble des individus) sans discussion prolongée, et ce, après 6 minutes d'échanges; il s'agit de décrire les points qu'ils veulent discuter du cas à l'étude. Le temps de 6 minutes est important, car il stimule les gens, et ceux-ci n'ont pas le temps de s'affronter.

3. L'animateur ou l'animatrice invite le rapporteur ou la rapporteuse de chaque équipe à communiquer les résultats des discussions du groupe. L'animateur ou l'animatrice note au tableau, en les regroupant, les différentes idées, afin d'établir un plan qui servira pour la discussion sur l'ensemble du cas.

4. Les équipes prennent à nouveau 6 minutes pour discuter du premier point du plan établi; ensuite, chaque rapporteur ou rapporteuse communique à nouveau les résultats des discussions du groupe et l'animateur ou l'animatrice note ce premier point pour en faire ressortir les idées. Si un groupe arrive en contradiction avec les autres, on remet un point dans le plan pour que la lumière soit faite sur ce sujet. Toutefois, ne jamais prendre position.

5. Après chacun des comptes rendus des rapporteurs ou rapporteuses et pendant que les équipes discutent durant 6 minutes un autre point, l'animateur ou l'animatrice note les idées soulevées, afin de pouvoir remettre, lors de la prochaine rencontre avec le groupe, un résumé-synthèse de l'activité accomplie.

6. Si une équipe s'isole par ses idées différentes de celles des autres, l'animateur ou l'animatrice recueille quand même leurs idées.

Adaptation
Méthode des cas, adaptée par Daniel Chevrolet

Rédaction
Normand Lessard, cégep de Limoilou

30 Sécurité

Mythe
Le travail en laboratoire équivaut à un danger constant.

Anti-mythe
Il est possible de travailler prudemment en laboratoire en prenant les mesures de sécurité nécessaires.

Objectif de l'activité
Apprivoiser les lieux de travail de façon à éviter la panique en cas d'accident.

Introduction
Plusieurs élèves arrivent difficilement à travailler de façon détendue au laboratoire. La crainte des accidents les empêche de fonctionner normalement; certaines actions irréfléchies sont posées sous le coup de la panique. Ainsi pourra-t-on observer un tube à eau se détacher d'un montage et projeter de l'eau, et la réaction sera d'ouvrir le robinet au lieu de le fermer.

L'activité décrite ci-dessous consiste à initier les élèves tant sur le plan des attitudes préventives que sur celui du fonctionnement des dispositifs de sécurité du laboratoire; elle doit donc se dérouler en début de session. Ce premier contact au laboratoire doit éveiller la sécurité chez les élèves afin de les rendre vigilants au cours de toutes les expérimentations en chimie, bien sûr, mais aussi en physique, en biologie, en électronique ..., à la maison, à l'université, au travail.

Matériel requis
Laboratoire muni d'équipements de sécurité

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
1. Laisser découvrir aux élèves le matériel de sécurité disponible dans le laboratoire ou à proximité. Outre de connaître les installations de sécurité habituelles (alarme, extincteurs, douche, couverture d'amiante, douche oculaire, hottes, gants, lunettes, sarraux, etc.) ils doivent aussi observer l'emplacement du téléphone et de l'affichage des numéros importants en cas d'urgence (pompiers, ambulance, centre anti-poison, etc.), de même que les ressources disponibles dans le collège pour les premiers soins. Parfois, il ressort de cette activité que des élèves du groupe ont déjà suivi des cours de premiers soins et ils sont alors des ressources précieuses sur place.

2. Mettre en commun les observations et discuter des attitudes préventives et de l'utilisation des appareils de sécurité. Il est indispensable, à cette étape, de bénéficier de l'expérience du technicien ou de la technicienne, en lui demandant de participer à la discussion.

Dans un premier temps, il est nécessaire de faire ressortir l'importance du comportement et de l'organisation du travail en laboratoire. Ainsi, l'utilisation de la technique la plus appropriée se révèle un élément important de sécurité.

Ensuite, on passe à l'essai et à la description des appareils de sécurité, de manière à ce que tout le monde sache s'en servir correctement. L'animation du groupe peut se faire en invitant les élèves, à tour de rôle, à essayer un à un les équipements afin de s'assurer qu'ils fonctionnent adéquatement. Une personne fait alors l'essai en indiquant clairement sa façon de procéder; l'enseignant ou l'enseignante, ou bien le technicien ou la technicienne, explique alors la technique d'utilisation idéale de même que certains gestes à éviter pour un rendement optimum.

Discussion

- Cette recherche permet-elle de conclure que les mesures de sécurité sont suffisantes?
- Sinon, quels correctifs doivent être apportés? Si c'est nécessaire, remédier au manque d'affichage selon les suggestions apportées et avec la participation des élèves.

Notes/commentaires

Il arrive que des élèves ne veulent pas essayer certains équipements. (Ex.: alarme, douche oculaire.) Il faut alors les inciter fortement à le faire, afin de vivre de façon détendue des situations qui pourraient éventuellement être «paniquantes», et développer le réflexe de les utiliser en cas de besoin.

Conception et rédaction

Collectif de chimie, cégep de Limoilou

31 Toxicité

Mythe
Au laboratoire de chimie, les produits sont dangereux.

Anti-mythe
Lorsqu'on connaît les produits à manipuler, on peut travailler en laboratoire de façon plus sécuritaire.

Objectif de l'activité
S'informer de la toxicité et du danger des produits à manipuler, afin de les utiliser de manière plus sécuritaire au cours d'un laboratoire.

Introduction
Plusieurs personnes éprouvent des peurs importantes à travailler en laboratoire à cause des accidents potentiels reliés à l'utilisation des substances chimiques. Par ailleurs, d'autres se méfient peu du danger de ces substances apparemment inoffensives. La présente activité consiste à apprendre à faire les recherches nécessaires pour préparer un tableau de toxicité.

Avant chacun des laboratoires subséquents, un tableau analogue devra être préparé systématiquement; le but est de présenter les dangers de chacune des substances chimiques spécifiques à l'expérience de même que les précautions à prendre lors de l'utilisation de ces produits.

Matériel requis
«Merk Index»
«Handbook of Chemistry and Physics»

Durée
1 heure ou plus, selon l'ampleur donnée à la recherche

Déroulement de l'activité
1. Donner aux élèves une liste de quelques produits à chercher dans les dictionnaires chimiques et faire compiler, sous forme de tableau, les données concernant la toxicité, la réactivité et les dangers et précautions à prendre lors de l'utilisation de ces produits.

2. À partir d'une des substances chimiques faisant l'objet de cette recherche, faire ensuite une courte mise en situation permettant de situer l'apprentissage dans un contexte pratique. Par exemple, la question suivante peut être posée aux élèves: «Votre protocole expérimental exige 25,0 ml d'acide sulfurique dilué. Comment procéderiez-vous pour faire ce prélèvement de façon sécuritaire?»

Notes/commentaires
La description apportée par les élèves suite à la mise en situation permet d'échanger sur le fait qu'une meilleure connaissance des produits utilisés et de leur danger potentiel permet de travailler de façon plus sécuritaire et de prendre les précautions qui s'imposent.

Il est possible d'élargir cette recherche en faisant préparer le tableau de toxicité, de réactivité, des dangers et des précautions de certains produits chimiques importants du laboratoire. Par la suite, les élèves doivent s'assurer que le rangement et l'entreposage de ces produits respectent les normes de sécurité.

Conception et rédaction
Collectif de chimie, cégep de Limoilou

32 Erreur positive

Mythe
L'erreur n'a pas sa place dans l'apprentissage des sciences.

Anti-mythe
L'erreur peut s'avérer positive; en effet, lorsque décelée et rectifiée, elle peut constituer un outil important d'apprentissage.

Objectif de l'activité
Comprendre que l'erreur fait partie de la nature humaine et qu'elle peut servir l'apprentissage, si elle est correctement exploitée.

Matériel requis
Texte déclencheur: «Savoir exploiter l'erreur en chimie... un atout». (pp. 165 à 166)

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Faire la lecture du texte «Savoir exploiter l'erreur en chimie... un atout» afin d'amorcer une réflexion sur l'erreur; puis, échanger les idées à partir des points suivants:

1. Chaque élève qui le désire peut relater une erreur qui lui a permis de progresser, en montrant comment un malentendu ou une divergence d'interprétation avait pu orienter sur une fausse piste.

2. Comment peut-on différencier erreur et faute? Fournir des exemples permettant de comprendre chacun de ces mots.

3. Les enseignants et enseignantes ont-ils droit à l'erreur? Un bon professeur doit-il maîtriser sa matière au point d'être infaillible?

4. Montrer comment, dans l'histoire des sciences, les modèles atomiques, fondés sur des théories qui se sont avérées fausses, ont pourtant contribué à l'évolution jusqu'au modèle atomique actuel?

SAVOIR EXPLOITER L'ERREUR EN CHIMIE: UN ATOUT*

«Je me trompe, donc j'apprends!» Ce paradoxe illustre à la fois l'histoire de la chimie et son apprentissage. Cette science s'est développée au fil des siècles en se servant des erreurs des philosophes, des alchimistes et des chimistes. Appliquée à l'élève, l'erreur en chimie devient aussi un élément nécessaire à la construction de ses connaissances.

Expérience = erreurs rectifiées

L'histoire de la chimie en particulier, nous apprend que «sans erreur il n'y a pas de progrès» et que « la grandeur est de savoir tirer profit de ses erreurs». Plus l'erreur sera complexe, plus l'expérience peut être riche, «l'expérience n'étant en fait que le souvenir des erreurs rectifiées».

En chimie, «l'erreur est étroitement liée à l'imagination et à la création; la faute est, quant à elle, le fruit d'une mauvaise mémoire ou d'une attention insuffisante».

Dans ce sens, les erreurs des élèves trouvent parfois leur source dans l'enseignement des professeurs qui, par le choix des exemples, le vocabulaire et les «non-dits implicites», peuvent fausser l'apprentissage de la chimie. Pour déjouer ces fausses pistes, la transparence de la communication basée sur des simulations manuelles très simples, avec du matériel concret favorisant la construction d'images mentales, peut entraîner des déblocages spectaculaires.

La résolution d'un exercice peut mener à une réponse correcte précédée d'un raisonnement erroné, ou bien à une mauvaise réponse en conclusion à un raisonnement correct. L'enseignante ou l'enseignant conscient de ces pièges cherchera à identifier rapidement l'erreur et à la transformer en un obstacle constructif.

L'une des façons d'asseoir la construction des connaissances est ainsi de faire en sorte que l'élève puisse s'évaluer à tout moment. Après une étape, un minitest peut susciter un autoportrait qui permettra à l'élève de voir clairement ce qu'il sait et ce qu'il ne sait pas. D'ailleurs, même l'examen traditionnel doit viser deux objectifs: l'évaluation des connaissances et la notation. Dès lors, l'évaluation des connaissances permet justement de corriger, de compléter et de modifier la perception.

L'erreur peut nourrir la motivation

Cette confrontation personnelle constitue une motivation qui sera nourrie par l'identification des points considérés comme importants par le professeur. L'exercice favorisera également la mémorisation des connaissances et maintiendra une pression positive sur l'élève qui ne voudra pas prendre de retard.

En fait, en chimie comme dans les autres matières, il n'y a que les élèves motivés qui réussissent. Bien sûr, cette motivation se ressent différemment d'une personne à une autre; certains élèves perçoivent cette interaction «du pouvoir et du vouloir» complètement en dehors d'eux-mêmes, alors que d'autres se sentent capables de la contrôler.

Les théories de la motivation sont en effet multiples et variées. En ce qui concerne les sciences, des études ont prouvé que «l'environnement familial constitue le phénomène le plus important de prédiction de la réussite». «L'importance de l'image de soi, élément moteur de la motivation, a également été identifiée comme primordiale.» C'est cependant la qualité de l'enseignement qui demeure le facteur déterminant pour développer et pour maintenir la motivation en chimie. C'est donc l'enseignant ou l'enseignante qui «amènera l'étudiant à se sentir important», à acquérir un certain pouvoir dans la classe, à développer et à maintenir sa motivation individuelle.

Certains moyens peuvent cependant favoriser la motivation; l'audio-visuel en est un. En jouant sur «trois grands principes de la motivation que sont le plaisir, le renforcement et la diminution de la tension», cette technique peut être utilisée avec profit. Un climat pédagogique ainsi ouvert et pluraliste sera susceptible d'éveiller, de maintenir et même, éventuellement, de ranimer la motivation des élèves.

Chimiophobie et professeur-robot

L'élève réfractaire à la chimie croit souvent «que cette science est parfaite et que, devant cette perfection, il n'a aucune chance». Il assimile d'ailleurs son professeur à cette mythification. Pour lui, «chercher» n'est souvent synonyme que de «se rappeler», et l'erreur du professeur et ses propres questionnements ne deviennent alors que des signes d'incompétence. Dans cette optique, le pro-

fesseur de chimie idéal serait alors «une espèce de robot logique et froid, sans contact avec la réalité intellectuelle et émotive de l'élève». Pour ces «chimiophobes», une solution à un problème doit absolument être trouvée dans un très court laps de temps, «ces étudiants ne s'attendant pas à une longue recherche de solution».

Le professeur ou la professeure peut combattre ces idées préconçues en expliquant sa propre démarche de questionnement et en présentant aux élèves des découvertes et des théories célèbres reliées ou consécutives à des erreurs. Dépister les erreurs des autres devient alors un exercice constructif. Une autre possibilité sera de choisir, pour les problèmes en chimie, des situations ouvertes ou plusieurs réponses sont possibles... comme dans la vraie vie.

Dans la démarche d'apprentissage de la chimie, l'élève devrait conjuguer sa confiance en ses possibilités avec «sa méfiance en ses capacités d'éviter les erreurs». Une petite méprise peut en effet transformer un simple exercice de compréhension en un problème difficile; parallèlement, un simple malentendu, qui s'extériorisera à temps par une erreur, deviendra un «piège béni», qui peut et doit être utilisé pour le progrès.

Jusqu'au XVI[e] siècle, la chimie ne s'est-elle pas développée à partir du principe que les modifications physiques des substances étaient attribuables uniquement à la transmutation d'une substance en une autre et que la terre, l'eau, le feu et l'air constituaient les quatre éléments fondamentaux de la matière?

Même à celles et ceux qui se disent «nuls» en chimie, cela paraît simpliste aujourd'hui! La chimie du XX[e] siècle provoquera les mêmes réactions chez les générations futures. Les erreurs sont les outils du savoir!

---

* Ce texte a été rédité par *Média-Science* à partir des références suivantes:

AYLMIN, Ulric. «Pour que les élèves se motivent: l'autoportrait» dans Prospectives, octobre 1987, p. 122.

BERNARZ, Nadine. «Trouver l'obstacle derrière l'erreur» dans Prospectives, octobre 1987, pp. 121 à 122.

BRETON, Lise. «La motivation d'apprentissage» dans Prospectives, octobre 1987, pp. 148 à 150.

CERQUETTI ABERKANE, Françoise. «Des erreurs et des maîtres» dans Prospectives, octobre 1987, pp. 120 à 121.

GATTUSO, Linda et Raynald LACASSE. «Vaincre la peur des mathématiques» dans Prospectives, octobre 1987, pp. 118 à 119.

HELLEREY, Michèle. «Pour un cadre de référence du thème» dans Prospectives, octobre 1987, pp. 115 à 116.

PROSPECTIVES. «Le rôle de l'erreur en mathématiques» dans Prospectives octobre 1987, p. 117.

ZOFIA KRYGOWSKA, Anna. «Comprend-e l'erreur en mathématiques» dans Prospectives, octobre 1987, p. 114.

33 Modèle féminin: Marie Sklodowska-Curie

Mythe
Ce sont des personnes spécialement douées qui ont construit l'histoire.

Anti-mythe
La réussite chez les scientifiques résulte directement de la détermination et de l'acharnement au travail.

Objectif de l'activité
Prendre connaissance des aléas et des difficultés d'une personne de science de grande notoriété, Marie Sklodowska-Curie, à partir de quelques événements de son expérience vécue.

Introduction
Les personnes scientifiques renommées sont évidemment présentées pour leurs découvertes importantes. On oublie bien souvent d'associer à la réussite les difficultés préalables qui ont dû être affrontées. Pourtant, la vie de ces personnes fut bien souvent truffée d'obstacles, de complications, d'imprévus, qu'il fallait traverser, à coup d'efforts et de persévérance, pour arriver à bon port.

Matériel requis
Texte: «Marie Curie» (pp. 169 à 172)

Durée
1 heure (Activité qui peut faire l'objet d'un travail à la maison)

Déroulement de l'activité
1. Lire le résumé du livre de Françoise Giroud «Une femme honorable».

2. Rechercher dans le texte des passages qui démontrent:

- la ténacité des soeurs Maria et Bronia Sklodowska pour fréquenter La Sorbonne, alors qu'à l'époque, l'université russe n'admet encore aucune femme;
- le manque d'assurance de Marie;
- que Pierre Curie ne démontrait pas en bas âge des aptitudes à apprendre;
- que Pierre possédait une haute estime de Marie;
- la détermination, le travail acharné et la ténacité de Marie, qui constituent les assises de sa réussite;
- que la découverte du radium attribuée à Pierre et Marie Curie est en bonne partie l'oeuvre de l'active Marie;

- la chance de Becquerel lorsqu'il a découvert le phénomène de radioactivité;
- les obstacles que Marie dut franchir pour arriver à prouver l'existence du radium;
- l'humilité de Marie face aux honneurs;
- la passion de Marie pour la science, jusqu'à la fin de sa vie.

Discussion

Comparer la perception de cette personne scientifique de grande renommée, Marie Sklodowska-Curie, avant et après la lecture du résumé de sa bibliographie.

Référence

GIROUD, Françoise. Une femme honorable, Paris, Fayard, 1981.

MARIE CURIE

1903	Marie Curie et son mari, Pierre, reçoivent le Prix Nobel de physique.
1910	Marie Curie reçoit un deuxième Prix Nobel, de chimie cette fois.

Bien sûr, pensera-t-on, voilà une bien belle carrière, mais réservée à d'autres que nous, gâtés par la destinée. Certes, depuis son plus jeune âge, Marie a manifesté le désir et la soif d'apprendre, de même que l'esprit d'entreprise, la persévérance et parfois l'entêtement nécessaires à toute réussite. Et pourtant que d'embûches, de souffrances et de moments difficiles ont pavé son chemin...

Marya Sklodowska naît à Varsovie, en Pologne, cinquième enfant d'une famille assez aisée. Pourtant sa mère décède peu après la naissance de Marya et une de ses soeurs meurt du typhus à 14 ans.

La famille reste très unie autour du père, professeur, qui inculque à ses enfants l'amour de la culture, du savoir et de la connaissance. Lorsque, disgracié, il perd son emploi, les enfants s'entraident et se jurent assistance pour poursuivre leurs études.

En Pologne, l'enseignement se fait en russe et l'Université russe est alors inaccessible aux femmes. Marie et sa soeur, Bronia, d'un an son aînée, décident de se cultiver par elles-mêmes grâce à l'aide clandestine de professeurs d'université qui se vouent à l'éducation des masses au péril de leur liberté.

Bronia veut aller étudier la médecine à la grande université de Paris, la Sorbonne. Pendant deux ans, elle donne des leçons particulières pour payer son billet de chemin de fer et ses études à Paris. Mais surtout, Marie, qui travaille elle aussi, lui envoie tout ce qu'elle gagne. Quand Bronia sera médecin, ce sera à son tour d'aider Marie.

Marie a l'occasion d'observer le travail en laboratoire chez son cousin. Elle dira: «... tout en apprenant à mes dépens que le progrès en ces matières n'est ni rapide, ni aisé, je développai au cours de ces premiers essais, mon goût de la recherche expérimentale».

Bronia est devenue médecin et en 1891, Marie, âgée de 24 ans, décide de partir elle aussi pour la Sorbonne où elle s'inscrit en licence de sciences. Qui imaginerait que, quinze ans plus tard, elle serait la première femme admise à enseigner dans cette même Sorbonne.

Arrivée de Marie à Paris

Après avoir logé chez sa soeur, elle décide de prendre une petite chambre où elle pourra travailler avec acharnement. Mais comme elle est très pauvre, il fait froid dans sa chambre et elle mange très peu. Grâce à la connaissance du français acquise avec son père, elle parvient à maîtriser le langage scientifique français et au bout de deux ans, elle se présente aux examens, malade d'angoisse. Pourtant, elle se classe première et obtient la licence ès sciences physiques, préalable à la poursuite de ses études.

Ayant pu obtenir une bourse, elle réussit bientôt à la licence en mathématiques.

Rencontre de Pierre Curie

En 1894, Marie qui a maintenant 26 ans, fait la connaissance du physicien Pierre Curie, âgé de 35 ans, qui vit encore chez ses parents.

Pierre n'a pas suivi la filière scolaire habituelle. En effet, son père, le trouvant trop rêveur, distrait et sensible, a voulu lui épargner la rigueur de l'école. Pierre a appris à lire et à écrire avec sa mère, tandis que son père lui a montré la nature et l'a laissé se cultiver seul dans sa grande bibliothèque. À 14 ans, Pierre, confié à un professeur, découvre les mathématiques avec passion; à 16 ans, il obtient le baccalauréat, diplôme de fin d'études secondaires, et à 18 ans, la licence de mathématiques.

Quand Marie fait sa connaissance, ils parlent beaucoup ensemble de physique, d'eux-mêmes et des recherches de Pierre. Celui-ci travaille avec son frère. Ensemble, ils ont déjà découvert la piézo-électricité qui mènera à la montre à quartz et au microphone à ultra-sons, et conçu des instruments minutieux: un électromètre à quartz capable de mesurer les courants électriques de faible intensité et une balance magnétique permettant d'équilibrer les forces de l'ordre de .01 mg.

Après des vacances en Pologne auprès de son père, Marie convaincue par Pierre, revient à Paris et ils se marient très simplement en 1895.

Pierre devient professeur et Marie peut utiliser le laboratoire de l'École à condition d'assumer les frais des travaux qu'elle exécute. Elle entreprend ses recherches dans le domaine du magnétisme où Pierre possède déjà une longue expérience.

En 1897, après une grossesse difficile, elle met au monde une fille, Irène, qu'elle décide d'entourer d'amour sans toutefois songer à abandonner ses activités.

Recherche passionnée sur la radioactivité

Marie s'intéresse aux travaux d'un physicien français, Henri Becquerel, spécialiste de la fluorescence ou émission de rayons lumineux par certains corps après leur exposition à la lumière. Becquerel se demande si ce phénomène ne s'accompagne pas de la production de rayons X, nouvellement découverts. Il enveloppe les plaques photographiques dans un tissu noir, les recouvre d'une feuille d'aluminium sur laquelle il pose des cristaux dérivés de l'uranium préalablement exposés au soleil. Il constate que les plaques sont voilées et qu'il y a radiation.

Les jours suivants, comme le soleil ne se montre pas, Becquerel enferme ses plaques telles quelles dans un tiroir, attendant un moment plus propice. Surprise! Quand il reprend ses plaques photographiques et les développe, il s'aperçoit qu'elles sont impressionnées à l'endroit où se trouvaient les cristaux. C'est ainsi qu'il découvre que les sels d'uranium émettent des rayons qui eux aussi traversent la matière.

Marie, encouragée par Pierre, voit dans cette découverte un terrain intéressant pour une thèse de doctorat. À trente ans, par amour de la science, elle commence donc, sans le savoir, à s'exposer au phénomène qui fera souffrir Pierre et finira par la ronger.

Elle cherche si, à part l'uranium, d'autres minerais rendent l'air conducteur d'électricité, possèdent de la «radioactivité», comme elle nomme ce phénomène. Oui, constate-t-elle, c'est le cas pour le thorium, mais encore bien plus pour la pechblende et la chalcolite. Elle présent avec une quasi-certitude qu'il doit exister une autre substance beaucoup plus radioactive et encore totalement inconnue.

Pierre, intrigué par l'hypothèse que pose sa femme, s'associe volontiers à ses intenses recherches. En 1898, ils pèsent fébrilement la pechblende et après quelques mois, annoncent la découverte d'un élément encore inconnu qu'ils nomment «polonium» en souvenir du pays natal de Marie. Mais ce métal s'extrait difficilement et poursuivant leurs expériences, ils concluent que la pechblende doit contenir un élément encore plus radioactif qu'ils nomment «radium» en décembre 1898.

Cette découverte révolutionnera la science. Toutefois, Marie sait rester réservée lorsque des collègues ou des élèves de Pierre viennent au laboratoire. Pourtant, c'est elle qui mène les discussions lorsqu'en tête à tête, ils étudient leur champ de recherche. Les deux époux ont une immense estime l'un pour l'autre et Pierre reconnaît avec plaisir la supériorité de sa femme en mathématiques.

Maintenant, il s'agit d'établir scientifiquement les caractéristiques du radium et en particulier son poids atomique. Or, le radium se trouve en quantité infime dans la pechblende. Pendant deux ans, les Curie doivent traiter à la main des tonnes de minerai pour obtenir quelques milligrammes de radium relativement pur.

Pierre et surtout Marie s'exténuent dans un hangar mal aéré, les mains mal protégées, à purifier le minerai à l'aide d'un gaz toxique. Pierre ressent des douleurs dans les jambes; Marie, extrêmement pâle, semble rongée par la tuberculose. En juillet 1900, elle peut enfin écrire dans son carnet «Radium pur en capsule».

On lui offre un poste d'enseignante à la célèbre École supérieure de Sèvres où, désormais, des chimistes s'occupent à sa place de la première phase d'extraction du radium. Marie, elle, s'entête à purifier toujours plus le radium par la méthode de cristallisation fractionnée qu'elle a conçue.

En mars 1902, son obstination a finalement raison de tous les obstacles matériels et physiques. Elle obtient le poids exact d'un atome de radium.

Le monde entier s'en réjouit, car on connaît l'influence du radium pour le traitement du cancer. Sollicitée par une entreprise américaine désireuse d'exploiter le radium, Marie Curie décide de ne pas demander le brevet qui les enrichirait, mais de communiquer le résultat intégral des ses recherches pour profiter à la science mondiale.

Peu après, elle est la première femme à soutenir une thèse de doctorat à la Sorbonne. Elle obtient la mention «Très honorable».

Marie accouche à cette époque d'un enfant prématuré qui meurt peu après, probablement victime des effets encore inconnus de la radioactivité.

Prix Nobel

En 1903, Pierre et Marie Curie reçoivent le Prix Nobel pour leur découverte si utile à l'humanité. Pourtant, ils ressentent comme un énorme poids la gloire et la perte d'intimité inhérente à cette imposante distinction.

Marie donne alors le jour à une autre fille, Ève, et elle décide de souffler un peu pour profiter de la vie.

Mort accidentelle de Pierre

Hélas, en avril 1906, Pierre, son mari très cher, son collaborateur et de plus son grand ami, est renversé par un cheval, un soir de pluie, dans une rue encombrée. Il meurt peu après et Marie ne surmontera jamais cette douleur atroce qu'elle taira, de crainte de la voir se raviver.

En mai de la même année, on lui attribue la chaire de physique générale créée pour Pierre. Elle est la première femme à accéder à un poste dans l'enseignement supérieur.

Pourtant, elle doit lutter encore contre les doutes de certains scientifiques qui prétendent que le radium n'est pas un élément. Pour leur prouver le contraire, elle doit isoler le métal lui-même. Heureusement, elle n'est plus seule à exécuter laborieusement toutes les manipulations et son obstination orgueilleuse l'aidera à lutter avec acharnement pendant quatre ans pour faire triompher son idée.

Son autorité est maintenant solidement établie. Pourtant en 1911, deux voix lui manquent pour obtenir la chaire qu'elle postulait à l'Académie des Sciences: celle-ci est attribuée à un homme.

En novembre, elle reçoit le Prix Nobel de chimie. C'est la première fois que deux Prix Nobel sont attribués à la même personne.

En 1913, l'Institut Pasteur et l'Académie de Paris créent ensemble l'Institut du radium dont Marie dirigera une section avec plus de trente collaborateurs.

Dévouement pendant la guerre

Loin de s'enfermer dans la recherche pure, elle n'hésite pas dès le début de la première guerre mondiale à oeuvrer pour les troupes. Elle se met en tête de réunir tout le matériel nécessaire pour pouvoir radiographier rapidement les blessés et ainsi mieux les soigner. ... Et, encore une fois à force de démarches et d'efforts, elle réussit à équiper 20 voitures et 200 postes fixes qui prendront plus d'un million de radiographies entre 1917 et 1918!

Elle a maintenant une précieuse collaboratrice: sa fille ainée, Irène, qui, plus tard, obtiendra elle aussi le Prix Nobel de chimie avec son mari, Frédéric Joliot.

En plus d'être une femme de science acharnée et courageuse, Marie Curie a su agir en mère intelligente. Même prise par ses intenses recherches, elle a tenu à veiller à l'éducation d'Irène et d'Ève et à développer autant leurs aptitudes manuelles qu'intellectuelles. «Elle les protégea sans les écraser, les aima sans les couver», comme le dit très bien Françoise Giroud.

Appui international

Tout comme Pierre, Marie Curie a toujours fui la publicité et les entrevues. Pourtant, contre son gré, elle rencontre en 1920 une journaliste américaine, Missy, avec qui elle sympathise profondément et qui lui ouvre les portes de l'Amérique. En effet, sachant que Marie a besoin d'un gramme de radium pour poursuivre ses recherches, Missy entreprend outre-Atlantique une campagne de souscription. Marie est invitée avec ses filles à venir recevoir le radium des mains du président des États-Unis, puis à sillonner le pays pour donner des conférences et recueillir d'autres fonds. Épuisée, elle doit annuler une partie de sa tournée, mais ses filles prennent efficacement la relève.

La santé de Marie est précaire depuis longtemps. Pierre et Marie ont, sans le savoir, ressenti très tôt les effets de leur exposition constante à la radioactivité: douleurs dans les jambes et les mains, amaigrissement, fatigue inexplicable. Marie a dû faire face à des grossesses difficiles, elle souffre d'hypotension et perdra en grande partie la vue.

Pourtant, même si elle ne voit presque plus, elle cache son infirmité, continue à professer à la Sorbonne et à oeuvrer inlassablement dans son laboratoire dont la renommée est maintenant mondiale. Elle suit avec joie les recherches fructueuses menées par sa fille Irène et

son gendre. Soutenue par sa passion pour la tâche entreprise, elle retourne aux États-Unis où le président lui remet encore une fois la somme nécessaire pour l'achat d'un autre gramme de radium qu'elle enverra en Pologne où travaille Bronia, sa soeur.

Marie a 65 ans. Après plusieurs interventions chirurgicales aux yeux, elle est victime de plusieurs malaises, puis d'une fièvre persistante et élevée dont les médecins ne peuvent diagnostiquer la cause. Discrètement entrée dans un sanatorium, elle meurt l'année suivante après avoir refusé la piqûre qui aurait pu atténuer ses souffrances.

Condensé rédigé par Arlette Chiasson d'après: Françoise GIROUD. Une femme honorable. Paris, Fayard, 1981.

34 Le quotidien dans le monde scientifique

Mythe
Les scientifiques ont une personnalité objective et froide.

Anti-mythe
Les chercheurs démontrent des intérêts différents et ils peuvent vivre la passion dans leur travail, la compétition, les mésententes et d'autres sentiments propres au genre humain.

Objectif de l'activité
Prendre connaissance d'une histoire vécue relatée par un scientifique, de façon à démythifier le cheminement de carrière d'un scientifique.

Introduction
Le livre La double hélice, écrit par James Watson lui-même, décrit ce qu'il a vécu au cours de ses recherches en vue de déterminer la structure de l'ADN. Il dénonce le mythe du génie, car Watson insiste à maintes reprises sur le fait qu'il ne comprenait pas la chimie, la biochimie et les mathématiques et qu'il n'avait pas d'intérêt à les étudier. Il possédait une formation de biologiste, un doctorat en microbiologie. Même la cristallographie, fondée sur la diffraction des rayons X, si utile pour vérifier si un modèle est plausible ou pas, l'intéressait peu. Au début de son stage chez Bragg, il n'y comprenait strictement rien. Il finit par en apprendre quelques notions de même qu'à faire des clichés avec les cristallographes qui pouvaient démontrer un intérêt pour l'ADN.

Matériel requis
Livre La double hélice de James Watson. L'auteur relate l'histoire de sa découverte de l'ADN.

Durée
Une période de quelques semaines peut être allouée pour faire une lecture du livre chez soi. Puis, une recherche d'une heure environ permet de retrouver certains passages suggérés dans l'exercice suivant.

Déroulement de l'activité
Après une lecture sommaire, retrouver dans le livre les passages qui relatent les incidents suivants dans l'histoire de la découverte de l'ADN:

- La compétition qui peut se vivre lorsqu'une recherche est sur le point d'aboutir (Wilkins-Pauling- Watson et Crick).
- Les affrontements concernant différentes théories (Rosy-Watson).
- L'acharnement à réussir qui se substitue au soi-disant génie; le déterminisme des chercheurs malgré qu'on leur conseillait d'abandonner et malgré même qu'on les empêchait de continuer.

- La récupération d'une idée que quelqu'un avait déjà émise et qui n'avait pas été retenue (Bragg reprit l'idée de Crick).
- La jalousie professionnelle.
- Les mésententes entre deux personnes (Wilkins-Franklin) (Bragg-Crick) (Bragg-Pauling).
- Les différents styles de recherche (cristallographie - modèles - théorie - calculs mathématiques...).
- Les intérêts différents (Crick: structure de l'ADN- Bragg: structure des minerais).
- Le lien entre les travaux de recherche de Wilkins et Franklin et la découverte de Watson et Crick.
- Le prestige d'une université si un de ses chercheurs obtenait un prix Nobel.
- Les erreurs de scientifiques éminents (triple hélice proposée par Pauling, après qu'il eut obtenu le Prix Nobel pour l'alpha-hélice des protéines).

Discussion

La lecture de ce document historique a-t-elle modifié votre vision de la recherche scientifique? A-t-elle permis de découvrir que les personnes qui y travaillent ne sont pas dépourvues de sentiments, comme les apparences le laissent croire?

Référence

WATSON, James D. La double hélice, Paris, Robert Lafond, Jeune Science, 1968.

35 Les scientifiques

Mythe
Les scientifiques sont des esprits désincarnés qui traversent l'espace et le temps.

Anti-mythe
Les scientifiques sont des personnes qui ont une identité propre et qui ont vécu à un moment donné de l'histoire et sous un régime politique quelconque.

Objectif de l'activité
Connaître l'époque, le pays d'origine et le domaine de recherche de scientifiques.

Matériel requis
- Calendrier
- Dictionnaire (facultatif)
- Tableau des dates d'anniversaire (p. 176)

Durée
15 à 30 minutes par mois

Déroulement de l'activité
Au début de la session (ou de l'année), l'enseignante ou l'enseignant introduit le calendrier qui est complété durant la session. Une fois par mois ou à chaque date d'anniversaire, il mentionne le ou la scientifique dont c'est l'anniversaire ce jour-là (ou au cours de ce mois-là). Les élèves peuvent alors faire une recherche sur la contribution de cette personne à l'histoire des sciences.

Discussion
Occasion d'entamer une discussion sur le contexte historique de l'époque ainsi que sur l'importance qu'a eue telle personne scientifique dans l'histoire.

Notes/commentaires
La liste ci-jointe se compose de noms de chimistes, mais elle peut être complétée, au besoin, par d'autres noms de chimistes ou de tout autre scientifique.

Conception et rédaction
Dominique Rouleau, cégep de Lévis-Lauzon

DATES D'ANNIVERSAIRE		
Robert Boyle	25 janvier 1627	Angleterre
Joseph Priestly	13 mars 1733	Angleterre
Albert Einstein	14 mars 1879	Allemagne
Dimitri Mendeleïev	7 février 1834	Russie
Max Planck	23 avril 1858	Allemagne
François Raoult	10 mai 1830	France
Walter H. Nernst	25 juin 1864	Allemagne
Stanislao Cannizzaro	13 juillet 1826	Italie
Jons J. Berzélius	20 août 1779	Suède
Jacob Van't Hoff	30 août 1852	Hollande
John Dalton	5 septembre 1766	Angleterre
Michael Faraday	22 septembre 1791	Angleterre
Henri L. Le Châtelier	8 octobre 1850	France
Gilbert N. Lewis	23 octobre 1875	États-Unis
Marie Sklodowska-Curie	7 novembre 1867	Pologne
Johannes D. Van der Waals	23 novembre 1837	Hollande
Fritz Haber	9 décembre 1868	Allemagne

36 Chimie dans la cuisine

Mythe
Les expériences et connaissances antérieures sont inutilisables dans les apprentissages en chimie.

Anti-mythe
Le savoir et le savoir-faire maîtrisés lors des activités de tous les jours, en l'occurrence la cuisine, constituent des acquis expérientiels importants, puisqu'ils sont transférables en situation d'apprentissage de la chimie.

Objectif de l'activité
Prendre conscience que dans les activités de la cuisine, les occasions sont nombreuses de faire de la chimie; la chimie au laboratoire est aussi abordable que la chimie dans la cuisine.

Introduction
Maintes fois dans la cuisine, on se retrouve en situation de faire de la chimie. Plusieurs trucs sont transmis de génération en génération, sans qu'on en connaisse toujours les raisons d'être.

L'activité suivante amène, par un questionnement, à comprendre ce qui se cache derrière une recette, à y découvrir une chimie analogue à celle que l'on pratique en laboratoire et à réaliser qu'il est tout aussi possible de réussir en laboratoire que dans la cuisine. Elle permet aussi de joindre l'utile à l'agréable, puisque la compréhension d'un phénomène permet de mieux réussir une recette ou une expérience de laboratoire.

L'occasion est idéale pour les femmes de mettre à profit leur expérience de cuisinière. Le moment est opportun de faire remarquer que l'habileté manuelle développée en cuisine se trouve être d'une grande utilité pour pratiquer des manipulations en laboratoire. En effet, l'on opère bien souvent des transformations chimiques avec assurance dans la cuisine, alors que des transformations analogues semblent embarrassantes en laboratoire.

Matériel requis
Texte: «La Cuisine, chimie sauvage». (pp. 180 à 182)

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
1. Donner un moment de réflexion aux élèves afin de lister les nombreuses occasions de faire de la chimie dans la cuisine. Ex.: faire un gâteau, préparer une sauce, cuire des légumes, etc.

2. Tenter de répondre collectivement aux questions suivantes, à partir d'observations qui ont pu être faites en cuisinant, ceci dans le but de constater que, comme au laboratoire, beaucoup de transformations chimiques se font dans la cuisine.

- **Cuisson d'un oeuf à la coque**
  Pourquoi l'oeuf craque-t-il souvent au cours de la cuisson?
  Pourquoi ajouter une pincée de sel dans l'eau?
  Pourquoi ajouter un peu de vinaigre dans l'eau?
  Pourquoi refroidir l'oeuf dès la fin de la cuisson?

- **Cuisson des légumes**
  Comment conserver la couleur et le goût des légumes
  — oranges ou jaunes (carotte, citrouille);
  — verts (épinard, haricot, pois, artichaut);
  — rouges (betterave, chou rouge);
  — blancs ou crème (chou-fleur, oignon, navet).

- **Cuisson du poisson**
  Pourquoi ajoute-t-on souvent du citron ou du vin blanc pour cuire le poisson?

- **D'où vient l'odeur de l'oignon ou de l'ail quand on le coupe?**
  Comment peut-on éviter le larmoiement quand on coupe des oignons?

- **Préparation d'une boisson aux fruits (solution)**
  Comment peut-on préparer une boisson très concentrée ou peu concentrée?

- **Liquides non miscibles (huile et eau dans la vinaigrette)**
  Pourquoi l'huile flotte-t-elle sur l'eau?

3. Après que les élèves ont apporté des réponses spontanées, le texte «La cuisine, chimie sauvage» peut être distribué afin de nourrir la curiosité avivée; on y trouve les réponses à plusieurs questions déjà soulevées.

4. Enfin, l'activité suivante, plus pragmatique, peut être réalisée.

La cuisine au laboratoire ou le laboratoire dans la cuisine

- Faire bouillir 2 tasses d'eau, puis ajouter 1 tasse de chou rouge haché et 1 cuiller à soupe de vinaigre. Continuer l'ébullition: le chou deviendra vraiment rouge.

- Faire bouillir 2 tasses d'eau, puis ajouter 1 tasse de chou rouge haché et, petit à petit, 1 cuiller à café de bicarbonate de soude: le chou tournera au pourpre, rouge-bleu ou bleu. Maintenant, ajouter 1/2 tasse de vinaigre: l'eau moussera et la couleur redeviendra rouge.

Discussion

L'enseignant ou l'enseignante fait ressortir que l'assurance dans un laboratoire s'acquiert de façon analogue à ce qui se passe en cuisine. Il est possible d'amener la comparaison avec la crainte que vivent certaines personnes qui peuvent être moins familières dans une cuisine, spécialement devant les manipulations délicates (fabrication de la pâte, épaississement des sauces) ou devant les dangers de la friture.

Référence

GROSSER, Arthur E. The cookbook decoder, U.S.A., New-York, Beaufort Books; Canada, General Publishing, 1981.

LA CUISINE, CHIMIE «SAUVAGE»*

Un chimiste américain vient de démontrer que les recettes traditionnelles de cuisine comportent une bonne part de savoir scientifique acquis sans doute de façon pragmatique, mais non moins fondé pour autant. Ainsi de l'addition de sel à la cuisson d'un oeuf dur...

Pourquoi met-on du sel dans l'eau pour faire cuire un oeuf? Du vinaigre dans l'eau pour faire cuire un chou rouge, mais surtout pas pour les épinards? Comment éviter de pleurer en épluchant des oignons, ou d'avoir dans la cuisine une odeur agressive de poisson cuit? Le chimiste Arthur Grosser, a présenté à la très sérieuse Association américaine pour l'avancement des sciences, lors de sa dernière réunion annuelle à New York, quelques explications qui permettent de mieux comprendre certains diktats culinaires d'un point de vue strictement scientifique.

«La cuisine, dit le Pr Grosser, de l'université McGill, au Québec, est le seul exercice de chimie appliquée que pratiquent la plupart des gens au cours de leur vie.» Autant qu'ils sachent ce qu'ils font.

Le petit Arthur Grosser n'avait que six ans lorsqu'il fit cuire un oeuf à la coque, avec une pincée de sel dans l'eau de cuisson pour éviter que la coquille n'éclate, selon le conseil de sa mère. La coquille néanmoins, se rompit, et le blanc d'oeuf coagulé se répandit dans la casserole. Bien plus tard, il observa la cuisson d'un oeuf à la coque. Et il vit de petites bulles d'air s'échapper au travers de la coquille, du «petit bout» de l'oeuf. C'est là, en effet, que se trouve une poche d'air qui, sous l'effet de la chaleur, se dilate. Lorsque la dilatation est progressive, de l'air peut s'échapper par les pores de la coquille. Mais si un oeuf qu'on vient de prendre dans le réfrigérateur est brusquement précipité dans de l'eau chaude, l'air se dilate trop rapidement et la coquille craque.

Certes, tous les oeufs ne craquent pas lorsqu'ils sont précipités dans de l'eau bouillante; certains ont une coquille plus solide ou plus poreuse que d'autres, une poche d'air plus ou moins grande. Le volume de la poche augmente d'ailleurs avec l'âge de l'oeuf, au point que certains oeufs, de fraîcheur plus que douteuse, flottent dans l'eau.

Et la fameuse pincée de sel? Peut-elle prévenir la rupture de la coquille? «De toute évidence, non, dit le Pr Grosser, car le sel ne peut pas pénétrer dans la coquille, et n'a donc aucun effet protecteur. Néanmoins, il y a une bonne raison de jeter une pincée de sel dans l'eau de cuisson. Si la coquille craque, les protéines du blanc d'oeuf, encore inaltérées, se trouvent exposées à de l'eau salée qui en modifie le potentiel électrique: la molécule, enroulée sur elle-même, s'ouvre et déclenche le processus de coagulation, qui n'est rien d'autre que l'accrochage l'une à l'autre des molécules d'albumine qui, à l'état normal (froid) sont recroquevillées sur elle-mêmes et flottent isolément dans le milieu aqueux qui représente 88 % du poids de l'oeuf.

Un acide produit à peu près le même effet, ce qui explique l'utilisation du vinaigre dans l'eau pour pocher les oeufs. Le vinaigre favorise la formation d'une pellicule de blanc coagulé qui empêche le contenu de l'oeuf, préalablement dépouillé de sa coquille, de se répandre dans l'eau chaude (qui ne doit pas bien sûr être en état de violente ébullition au moment de cette délicate opération, mais doit à peine «frémir»).

Enfin, lorsque l'on fait des oeufs à la coque et surtout des oeufs durs, il faut dès que la cuisson est terminée, faire couler de l'eau froide dans la casserole jusqu'à ce que les oeufs soient suffisamment refroidis en surface pour que l'on puisse les prendre sans se brûler les doigts. Cette manoeuvre prévient l'odeur dite d'«oeuf pourri» que dégagent certains oeufs durs, et évite aussi que la surface du jaune et du blanc qui l'entoure ne prenne la couleur verdâtre.

Odeur et couleur proviennent en effet de l'hydrogène sulfuré qui se forme après qu'une petite partie de la protéine du blanc se soit décomposée, libérant du soufre et de l'hydrogène. Ce gaz formé dans le blanc de l'oeuf, tend à se concentrer dans la partie la plus froide de celui-ci, c'est-à dire, le jaune, au centre. Le jaune contient du fer, qui attire le soufre, produisant du sulfate de fer, qui se décompose à la surface du jaune et sur le blanc qui l'entoure et leur donne cette couleur verdâtre et cette odeur peu appétissante, qui n'est que l'odeur d'un oeuf cuit.

Plonger un oeuf dans l'eau froide dès qu'il est cuit en refroidit rapidement la périphérie, attirant l'hydrogène sulfuré vers la coquille; ce gaz ne se trouvera donc pas en contact avec le fer dans le jaune d'oeuf , et ne se transformera pas en sulfate de fer.

Cuisson des viandes, du poisson, des légumes, préparation de sauces diverses, sont également passées au crible physico-chimique par le Pr Grosser, qui a publié un ouvrage intitulé The Cookbook Decoder (Le décodeur du livre de cuisine, Warner Books, PO Box 690, New York, N.Y. 10019). L'oeuf, son objet de prédilection, y tient une place importante, mais voici quelques autres exemples.

En ce qui concerne les légumes, le Pr Grosser déplore que leur cuisson les affadisse, les pâlisse et les appauvrisse, notamment en dégradant certaines vitamines. Légumes et fruits, souligne-t-il, tiennent leurs couleurs de quatre sortes de pigments différents: le carotène, la chlorophylle, les anthocyanines, et les anthoxanthines. À la cuisson, ces pigments se comportent d'une façon différente les uns des autres, et il faut en tenir compte.

Les carotènes sont les pigments les plus résistants à la chaleur et à l'acidité. Ils prédominent dans les fruits et les légumes de couleurs jaune et orange (carottes, pêches, potirons, abricots) et dans certains fruits ou légumes rouges comme la tomate, le poivron rouge et le paprika. Cette stabilité fait que ces fruits et légumes conservent à peu près leur couleur quel que soit le traitement culinaire qu'on leur inflige. Ce n'est pas le cas des autres pigments.

Les légumes verts les plus courants dans notre alimentation (haricots, artichauts, cresson, scarole, poivrons verts, pois, épinards) contiennent de la chlorophylle qui est sensible à l'acidité de l'eau de cuisson, acidité pouvant provenir du légume lui-même, lors de la rupture de cellules végétales. La molécule de chlorophylle doit sa cohésion à un atome central de magnésium, qui peut être arraché par un acide, détruisant la molécule dont les débris donnent au légume une couleur olivâtre ou vert pâle, peu appétissante. Hélas, une eau de cuisson trop basique donne à peu près le même résultat en détruisant les membranes des cellules végétales, et il faut donc naviguer entre les écueils de l'acidité et ceux de l'alcalinité.

Certains recommandent donc de ne pas recouvrir le récipient d'eau, afin de laisser s'échapper au moins les acides volatiles; c'est un pas dans la bonne direction, dit le Pr Grosser, mais il ne faut pas oublier de surveiller le niveau de l'eau, ni trop se soucier des odeurs qui se répandent dans la cuisine.

On peut aussi utiliser beaucoup d'eau dans un grand récipient pour que les acides en solution y soient moins concentrés. Mais la meilleure façon de conserver à ces légumes leur couleur et leur goût est de les cuire très peu, pour limiter le développement de l'acidité ou de l'alcalinité.

Autres solutions: la cocotte-minute et la vapeur. Dans la cocotte-minute, la surpression permet d'augmenter la température d'ébullition et la différence du temps de cuisson est considérable. À 120°C, les molécules se transforment une dizaine de fois plus rapidement qu'à 100°. Le temps de cuisson est réduit d'un facteur de huit à dix, et il faut veiller à éviter la surcuisson, qui peut se produire en une dizaine de secondes.

La cuisson à la vapeur est, elle, au contraire plus lente que la cuisson dans l'eau, mais présente l'avantage que la vapeur qui se condense sur les légumes est de l'eau distillée, ne contenant ni éléments alcalins, ni acides non-volatiles.

Les légumes rouges, bleus et violets (betterave, chou rouge, oignon rouge) contiennent eux des anthocyanines, pigments solubles dans l'eau et très sensibles aux variations d'acidité et d'alcalinité. L'acidité favorise la persistance de la couleur du légume dans la cuisson, alors que l'alcalinité peut faire tourner la couleur vers le bleu ou le violacé.

Le Pr Grosser suggère l'expérience suivante: ajoutez un peu de vinaigre dans l'eau de cuisson d'un chou rouge: il reste rouge. Ajoutez-y au contraire du bicarbonate de soude: le légume devient bleuâtre ou violacé; ajoutez alors du vinaigre: le chou redevient rouge.

Les anthoxantines des légumes blancs ou couleur crème (chou-fleur, oignon, navet) préfèrent, eux aussi le milieu acide; un milieu basique peut altérer les pigments et leur donner une couleur jaunâtre un peu triste. Ces pigments réagissent aussi au fer et à l'aluminium, dont le contact peut les jaunir ou les brunir. À éviter donc couteaux en fer, casseroles en aluminium.

Parmi les légumes que le Pr Grosser a étudiés, l'ail et l'oignon tiennent une place importante. Ces légumes contiennent du soufre, que l'on retrouve également dans la ciboulette, l'échalotte, les poireaux et autres cousins.

L'ail contient de l'alliine, substance qui réagit avec un enzyme, l'alliinase. L'alliine dégradée par l'enzyme donne une molécule apparente à l'hydrogène sulfuré de l'oeuf cuit, mais plus grosse et plus complexe, dont la concentration d'une partie pour trois millions de parties

d'air suffit pour évoquer chez l'homme l'odeur caractéristique de l'ail. Ni cette odeur, ni cette molécule n'existent dans la gousse d'ail intacte, où l'alliine et l'alliinase sont séparées par des membranes cellulaires; cette substance se forme instantanément lorsque les deux sont mis en contact quand on coupe ou écrase une gousse d'ail.

Un mécanisme similaire produit une autre molécule sulfatée lorsqu'on découpe un oignon; celle-ci déclenche les larmes, mais ce n'est pas la même molécule qui confère à l'oignon son goût et son odeur. Un avantage de la molécule qui fait pleurer est qu'elle est soluble dans l'eau; il suffit donc si on veut éviter les larmes, de découper l'oignon sous un filet d'eau ou dans l'eau; la molécule est instantanément dissoute; plus de larmes!

Le poisson, lui, contient en très faible quantité (de l'ordre d'un centième de gramme par kilogramme) de petites molécules volatiles, des amines qui sont susceptibles d'étouffer les parfums plus subtils et agréables d'un poisson frais. Ces amines (contenant de l'azote) ne sont pas électriquement polarisées, ne sont pas solubles dans l'eau, mais sont très volatiles, ce qui explique leur puissance olfactive.

L'azote du groupe amine (NH_2) des poissons peut néanmoins s'adjoindre tout proton (H^+) disponible, pour se polariser et du même coup devenir (NH_3^+). Or, toute solution acide contient, par définition, un excès de protons. La coutume qui veut que l'on cuise le poisson dans un court-bouillon acide (avec du vinaigre, du vin blanc, du citron, ou de la bière) est donc tout à fait justifiée, car elle solubilise ces amines, noyant ainsi leur agressivité olfactive.

De même, l'utilisation d'un rince-doigts rempli d'eau et garni d'une tranche de citron est scientifiquement valable, surtout si l'on dépiaute un poisson ou une langouste avec ses doigts: les amines dissoutes se retrouvent dans le rince-doigts.

Comme Monsieur Jourdain faisait de la prose sans le savoir, les cuisiniers font de la chimie sans le vouloir. Les recettes mises au point par l'expérience sont le fruit d'une expérimentation améliorée de génération en génération. Cela ressemble beaucoup à la science: c'en est, même.

---

*Jean FERRARA. Science et Vie, no 804, septembre 1984, pp. 30 à 31.

37 La géométrie des molécules

Mythe
La géométrie des molécules est définie à l'aide d'appareils et de calculs très complexes et elle est difficilement représentable à l'échelle humaine.

Anti-mythe
Il y a une relation simple entre la disposition d'objets matériels et la géométrie des molécules.

Objectif de l'activité
Découvrir que la géométrie des molécules peut être associée à la forme obtenue par la disposition de 2, 3, 4, 5 et 6 objets attachés en un même point.

Introduction
Cette activité consiste à construire des ensembles de ballons, à observer la ou les dispositions qu'adoptent les ballons dans chacun de ces ensembles, à évaluer les angles formés entre chacun des ballons, à déterminer la forme géométrique capable de contenir chaque ensemble et à tenter d'établir un lien entre les formes géométriques obtenues au moyen des ballons et les formes géométriques reconnues actuellement en chimie.

Matériel requis
Des ballons d'anniversaire de forme ronde

Contenu théorique
La géométrie des molécules selon la théorie de Gillespie.

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
1. Gonfler 6 ballons, le plus possible à la même grosseur. Les attacher ensuite ensemble en formant des combinaisons de 2, de 3, de 4, de 5 et de 6 ballons. Laisser les ballons former la figure qui leur est la plus naturelle, soit la plus symétrique. Certaines combinaisons peuvent donner plus d'une figure.

2. Présenter dans un tableau les dessins à trois dimensions qui représentent chaque ensemble de ballons. Indiquer les angles entre les ballons. Identifier la forme géométrique associée à chaque ensemble de ballons. La forme géométrique s'obtient en reliant par une ligne l'extrémité des ballons.

3. Compléter le tableau ci-dessous en associant à chaque molécule la forme géométrique d'un ensemble de ballons qui explique les angles de liaison dans la molécule.

	NaH	MgH_2	AlH_3	SiH_4	PH_3	H_2S	HCl
Angle de liaison	—	180°	120°	109°	94°	92°	—
Dessin de la molécule							
Nom de la forme géométrique							

4. Quels liens est-il possible d'établir entre les formes géométriques des molécules et celles des ballons? Considérer le point d'attache des ballons comme représentant l'atome central des molécules.

Discussion
Similitude entre les angles de liaison attendus et les formes géométriques des molécules représentées par les ballons. Transfert pour les molécules H_2O et NH_3.

Stratégie
Les élèves peuvent être regroupés par équipe de 4 à 6 personnes. Essayer de faire voir qu'avec un assemblage de 4 ballons, il pourrait y avoir 2 formes possibles, celle du tétraèdre et celle de la croix (4 ballons dans un plan à angles de 90°). Pour H_2S et PH_3, il faut supposer la présence de ballons vides contenant des doublets libres; ceux-ci occupent plus d'espace que les doublets liants.

Conception et rédaction
Réal Cantin et Laurent Chénard, cégep de Rimouski

Référence
CANTIN, Réal et Laurent CHÉNARD. Chimie raisonnée, Ottawa, Renouveau Pédagogique, 1989.

38 La tour de Babel

Mythe
La chimie est magique.

Anti-mythe
Les notions étudiées dans les cours de chimie permettent d'expliquer des phénomènes observés dans la vie quotidienne.

Objectif de l'activité
Comprendre la notion de masse volumique à l'aide de substances connues.

Introduction
Le travail à effectuer se divise en deux parties. D'abord, il s'agit de déterminer la masse et le volume d'un échantillon de chacune des substances suivantes: eau colorée, boule de naphtalène, TTE, bouchon de liège, éther, cube de bois, pièce de monnaie. Ensuite, il reste à observer et à noter le comportement de ces substances lorsqu'elles seront mises en présence les unes des autres dans une éprouvette graduée de 100 cm^3.

Matériel requis
Éprouvette graduée de 100 ml, eau colorée, boule de naphtalène, TTE (trichlorotrifluoroéthane), éther, bouchon de liège, cube de bois, pièce de monnaie, balance, règle.

Contenu théorique
La notion de masse volumique

Durée
90 minutes

Déroulement de l'activité
1. Déterminer la masse et le volume de chaque substance et présenter les valeurs dans un tableau.

2. On peut déterminer la masse d'une substance en pesant un récipient vide et, ensuite, le même récipient contenant la substance.

3. Le volume peut être déterminé de plusieurs façons:

- Pour un liquide ou un gaz, un contenant gradué est tout désigné.
- Pour un solide de forme régulière, la mesure des dimensions extérieures et la relation

(équation) mathématique correspondant à la forme du solide suffisent.

- Pour un solide de forme irrégulière, il est pratique de procéder par la méthode du déplacement du volume d'un liquide. Le solide est plongé dans un liquide d'un volume donné et la différence de volume mesuré correspond au volume du solide. (C'est un excellent truc pour mesurer le volume d'un cube de sucre, avec du café chaud!)

4. Mettre d'abord les liquides dans l'éprouvette et dans l'ordre suivant: TTE, eau colorée, éther; puis ajouter les solides dans cet ordre: pièce de monnaie, boule de naphtalène, cube de bois et bouchon de liège.

5. Chercher une relation mathématique qui permettra de relier les valeurs mesurées (la masse et le volume) au phénomène observé. Le calcul mathématique doit procurer une valeur qui explique la position de chaque substance.

- L'équation mathématique cherchée doit utiliser les valeurs mesurées de masse m et de volume V.
- L'équation pourrait comporter des opérations du genre: m + V, m * V, V/m, etc.
- Un bon tableau doit montrer les valeurs obtenues pour la relation mathématique recherchée.

6. Parmi l'ensemble des relations mathématiques utilisées, laquelle donne la série de valeurs qui correspond au phénomène observé?

7. Où se placerait, dans l'éprouvette graduée, un solide possédant un volume de 2,5 cm^3 et une masse de 2,6 g?

Discussion
Confronter la notion de modèle d'un solide et d'un liquide que se font les élèves au fait que la glace flotte sur l'eau.

Stratégie
Laisser les élèves prendre des initiatives pour déterminer les masses et les volumes.

Notes/commentaires
Le cube de bois (environ 1 cm^3) doit être assez lourd pour ne pas flotter sur l'éther.

Conception et rédaction
Réal Cantin et Laurent Chénard, cégep de Rimouski

Référence
CANTIN, Réal et Laurent CHÉNARD. Chimie raisonnée, Ottawa, Renouveau Pédagogique, 1989.

39 La couleur

Mythe
Puisque les sens constituent une source fiable d'informations, les déductions logiques faites à partir des perceptions sensorielles seront fort probablement exactes.

Anti-mythe
La perception par les sens peut fausser l'interprétation d'un fait suite à une observation.

Objectif de l'activité
Distinguer la couleur observée et la couleur réelle.

Matériel requis
Spectrophotomètre, solutions colorées, spectres du visible donnant la longueur d'onde ou la fréquence de chaque couleur.

Contenu théorique
$E = hf$, les notions de couleur absorbée et de couleur observée.

Durée
2 heures

Déroulement de l'activité
Vérifier expérimentalement la notion de complémentarité des couleurs et associer les notions d'énergie, de longueur d'onde et de fréquence. Des couleurs sont complémentaires lorsque la couleur observée d'un objet correspond à la couleur absorbée par cet objet, celui-ci étant éclairé par la lumière du jour.

Dans le but d'associer énergie et couleur, utiliser un spectrophotomètre. Cet appareil décompose un faisceau lumineux en ses différents constituants et mesure la puissance du faisceau émergent. La lumière blanche s'y décompose en une suite continue de couleurs semblables à celles de l'arc-en-ciel.

- Comme échantillon, utiliser une bande de papier placée dans une cuvette et faire varier la longueur d'onde. Noter la couleur et la longueur d'onde des couleurs primaires et secondaires.
- Des solutions de couleur bleue, rouge et jaune sont à la disposition des élèves. Ceux-ci doivent déterminer pour chacune des solutions la longueur d'onde où l'absorption est maximale. Pour y arriver, faire varier la longueur d'onde de 350 à 700 nm. Ne pas oublier qu'il faut recalibrer l'appareil à chaque variation de la longueur d'onde.

- Quelle est la couleur du faisceau lumineux émis par la source?
- Déterminer la longueur d'onde où l'absorption est maximale pour chacune des solutions colorées disponibles. Tracer le graphique de l'absorbance en fonction de la longueur d'onde.
- D'après ce graphique, calculer l'énergie absorbée pour chacune des couleurs: bleu, rouge et jaune.
- Classer chacune des couleurs par ordre croissant d'énergie.
- Quelle couleur est absorbée par la solution rouge?
- Faire un tableau indiquant en parallèle la longueur d'onde, la couleur observée ou transmise et la couleur absorbée (couleur complémentaire).
- Compléter le tableau ci-dessous:

Couleur absorbée	Couleur observée
bleu	
	rouge
orange	
	vert
violet	

Discussion

Le traitement des couleurs complémentaires peut être présenté simplement: la lumière blanche est essentiellement composée des trois couleurs primaires (bleu, jaune et rouge); la complémentarité (couleur absorbée-couleur observée) est la somme de ces trois couleurs. Par exemple, un objet bleu réfléchit le bleu et absorbe le jaune et le rouge: le bleu et l'orange sont donc des couleurs complémentaires.

Stratégie

Demander aux élèves de prévoir les résultats avant de commencer les manipulations.

Notes/commentaires

Diviser le travail afin que chaque équipe n'étudie qu'une couleur. Faire une mise en commun de tous les résultats à la fin. Les solutions suivantes donnent des résultats acceptables:

— jaune K_2CrO_4 5,1 X 10^{-4} mol/L
— rouge $CoCl_2$ 0,21 mol/L
— bleu bleu de bromophénol 3 X 10^{-5} mol/L

Il est pertinent de lire les commentaires qui apparaissent à l'activité 10 (Produits laitiers), pour éviter toute confusion dans les énoncés d'objets de mythification de certaines activités.

Conception et rédaction

Réal Cantin et Laurent Chénard, cégep de Rimouski

Référence

CANTIN, Réal et Laurent CHÉNARD. Chimie raisonnée, Ottawa, Renouveau Pégagogique, 1989.

40 Les odeurs

Mythe
La chimie est magique.

Anti-mythe
La science nous permet d'observer des phénomènes à l'aide de nos sens.

Objectif de l'activité
Produire des composés chimiques (esters) responsables d'odeurs agréables connues.

Matériel requis
— Ouate ou papier filtre (pour tester les produits)
— Alcools et acides appropriés (en petites quantités)
— Éprouvettes

Contenu théorique
Les esters volatils sont responsables de plusieurs odeurs lorsque leurs molécules parviennent à notre nez. Chaque odeur est propre à une molécule (ou groupe de molécules).

Durée
1 heure

Déroulement de l'activité
Donner à chaque équipe un alcool et un acide approprié. Après les avoir mélangés dans une éprouvette, en mettre quelques gouttes sur la ouate ou le papier. Faire des échanges des échantillons parfumés.

Discussion
Les odeurs détectées par l'odorat ne sont pas magiques. La science a su expliquer leur origine, et il est possible de reproduire ces odeurs naturelles.

Notes/commentaires

- méthanol + acide salicylique = salicylate de méthyle (odeur de thé des bois)
- pentanol-1 + acide éthanoïque = éthanoate de pentyle (odeur de banane)
- éthanol + acide acétique = acétate d'éthyle (odeur du solvant pour vernis à ongles)
- éthanol + acide butanoïque = butanoate d'éthyle (odeur d'ananas)

aussi:

- acétate d'isopentyle (odeur de poire)
- phényl-2 éthanol (odeur de rose)

Conception et rédaction

Dominique Rouleau, cégep Lévis-Lauzon

BIBLIOGRAPHIE

ALLDERDICE, Frances Witte. «Observations from Secondary-School Sciences Classes» dans Les cahiers de la femme, vol 5, no 4, été 1984, pp. 46 à 48.

AIKENHEAD, Glen. L'enseignement des sciences dans une perspective sociale. Conseil des sciences du Canada, 1981.

AUBÉ, Michel. Les impacts sociaux et politiques des mathématiques. Conférence de clôture donnée au congrès de l'Association Mathématique du Québec, Drummondville, 1984.

AYLWIN, Ulric. «Pour que les élèves se motivent: l'autoportrait» dans Prospectives, octobre 1987, p.122.

BADER, Jean-Michel. «Les tricheurs en blouse blanche» dans Science et Vie, no 826, juillet 1986, pp. 14 à 23.

BARRÈRE, Martine. «La fraude; une pratique courante en science de la vie» dans La Recherche, février 1988, . pp. 240 à 244.

BARUK, Stella. Échec et maths, Paris, Seuil, 1973.

BEAUDET, André. Les étudiants adultes et les programmes d'enseignement collégial, Québec, Direction générale de l'enseignement collégial, 1981.

BÉLANGER, Paul et Ndia-Bintu KAYEMBE. L'éducation des adultes au collégial: en état de développement?, Québec, Gouvernement du Québec, 1988.

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette. «La genèse du tableau de Mendeleïev» dans La Recherche, octobre 1984, pp. 1206 à 1216.

BERNARD, Jean-Louis. Les styles d'intervention éducative pratiqués auprès de la clientèle adulte des cégeps. Université de Montréal, Faculté des sciences de l'éducation, 1976.

BERNARD, Jean-Louis. L'apprenant adulte, Montréal, Université de Montréal, Sciences de l'éducation, 1978.

BERNARZ, Nadine. «Trouver l'obstacle derrière l'erreur» dans Prospectives, octobre 1987, pp. 121 à 122.

BERGOGNE, Anne. «Histoire de cobayes humains» dans Sciences et Vie, octobre 1987, pp. 68 à 74.

BERTHELOT, Jocelyn. L'école de son rang, Québec, Centrale de l'enseignement du Québec, 1987.

BERTHELOT, Michèle et Thérèse MAILLOUX. Explorons de nouveaux espaces, Québec, Ministère de l'Éducation, Conseil du statut de la femme, 1985.

BERTHELOT, Michèle. La conception de la fonction sociale de la science chez les enseignants québécois de sciences du secondaire et du collégial, Université Laval, Faculté des sciences de l'éducation, mars 1987.

BERTHELOT, Michèle et Lise DOYLE. Répertoire des conférencières en emploi non traditionnel, Québec, Ministère de l'Éducation, Coordination à la condition féminine, (s.d.).

BILLY, Hélène de et al. «Les biotechnologies de la reproduction. Au profit de qui?» dans La Gazette des Femmes, juillet-août 1986, pp. 12 à 19.

BLANC, Marcel. L'État des sciences et des techniques. La science, ni bonne, ni mauvaise?. Montréal, Boréal Express, 1984.

BLOUIN, Yves. La réussite en mathématiques au collégial: le talent n'explique pas tout. Québec, Cégep François-Xavier-Garneau, 1985.

BLOUIN, Yves. Réussir en sciences, rapport de recherche. Québec, Cégep François-Xavier-Garneau, 1986.

BLOUIN, Yves. Éduquer à la réussite en mathématiques. Québec, Cégep François-Xavier-Garneau, 1987.

BOUCHER, Francine et Jacqueline AVARD. Réussir ses études: guide d'autogestion. Boucherville, Mortagne, 1984.

BRETON, Lise. «La motivation d'apprentissage» dans Prospectives, octobre 1987, pp. 148 à 150.

BROAD, William et Nicholas WADE. (1985) La souris truquée: Enquête sur la fraude scientifique. Paris, Seuil, 1987.

CANTIN, Réal et Laurent CHENARD. Chimie raisonnée. Ottawa, Renouveau Pédagogique, 1989.

CENTRALE DE L'ENSEIGNEMENT DU QUÉBEC. Chimie. Cahier de Laboratoire. L'eau. Sainte-Foy, Centrale de l'enseignement du Québec, 1982.

CENTRALE DE L'ENSEIGNEMENT DU QUÉBEC. Pour des rapports égaux femmes-hommes, semaine d'intervention pédagogique du 1er au 8 mars 1981, cahier pédagogique. (s.l.n.d.)

CERQUETTI-ABERKANE, Françoise. «Des erreurs et des maîtres» dans Prospectives, octobre 1987, pp. 120 à 121.

CHARLEBOIS, Margot. «Le monde des sciences et de la technologie a-t-il un sexe?» dans Les cahiers de la femme, vol 5, no 4, pp. 16 à 18.

CHARTRAND, Luc, DUCHESNE Raymond, et Yves GINGRAS. Histoire des sciences au Québec. Montréal, Boréal Express, 1987.

CONFÉDÉRATION DES SYNDICATS NATIONAUX, FÉDÉRATION DES ENSEIGNANTS ET DES ENSEIGNANTES DU QUÉBEC, FÉDÉRATION DES EMPLOYÉS ET DES EMPLOYÉES DES SERVICES PUBLICS. «L'accès des filles au cégep» dans Les cégeps ont-ils un avenir, Montréal, Boréal, 1988, pp. 39 à 46.

CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE. La participation des femmes en science et technologie au Québec. Québec, Gouvernement du Québec, 1986.

CONSEIL DES COLLÈGES. Et si on parlait des adultes..., Québec, Gouvernement du Québec, 1987.

CONSEIL DES SCIENCES DU CANADA. Qui fait tourner la roue?. Canada, Conseil des sciences du Canada, 1982.

DÉSAUTELS, Louise. «La cage aux bolles» dans Contact, automne 1987, pp. 18 à 21.

DIONNE, Bernard. Réussir au cégep. Montréal, HRW, 1986.

DUFRESNE-TASSÉ, Colette. «Gastronomie ou tambouille? Les tours de main de l'enseignement aux adultes» dans Formation aux adultes, vol. 2, 1978, pp. 18 à 27.

DUFRESNE-TASSÉ, Colette. L'apprentissage adulte, essai de définition, Montréal, Études vivantes, 1981.

FERRARA, Jean. «La cuisine, chimie "sauvage"» dans Science et Vie, no 804, septembre 1984, pp. 30 à 31.

GATTUSO, Linda et Raynald LACASSE. Les mathophobes: une expérience de réinsertion au collégial, Montréal, Cégep du Vieux-Montréal, 1986.

GATTUSO, Lynda et Raynald LACASSE. «Vaincre la peur des mathématiques» dans Prospectives, octobre 1987, p. 118.

GIROUD, Françoise. Une femme honorable, Paris, Fayard, 1981.

GORNICK, Vivian. Women in Science, New York, Simon et Schuster, 1984.

GROSSER, Arthur E. The cookbook decoder, U.S.A., New York, Beaufort Books; Canada, General Publishing, 1981.

GROUPE DE RECHERCHE EN CULTURE SCIENTIFIQUE. L'énigmatique, Québec, Université Laval, Faculté des sciences de l'éducation, (s.d).

KIDD, James Robbins. How adults learn, New York, Association Press, 1973.

KNOWLES, Malcolm. The modern practice of adult education, New York, Association Press, 1970.

KNOWLES, Malcolm. The adult Learner: A neglected species, Houston, Gulf Publishing Company, Book division, 1973.

LAFORTUNE, Louise. L'évolution des vies de trois mathématiciennes dans leur relation avec la mathématique, Montréal, Université de Montréal, 1987.

LAFORTUNE, Louise. Les mathématiques d'appoint et les adultes: description de la situation et éléments de solution, Québec, Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science, Direction générale de l'enseignement collégial, Service de la formation aux adultes, 1987.

LAFORTUNE, Louise. Les mathématiques et le choix de carrière des adultes, Montréal, Cégep André-Laurendeau, 1987.

LEBLANC, France. Kimikwiz, Montréal, Collège Marie-Victorin, 1986.

LEE, Lesley. Démystification des mathématiques, Saint-Jérôme, Cégep de Saint-Jérôme, 1986.

LEE, Lesley. Études des facteurs limitant l'orientation des adolescentes dans les programmes de formation non traditionnels, (s.l.), 1984.

LÉVIS-LEBLOND, Jean-Marc et Alain JAUBERT. (Auto)critique de la science, Paris, Seuil, 1975.

MILLER, François. L'enseignement aux adultes, Québec, Université Laval, Service de pédagogie universitaire, 1984.

MONKMAN, Victorya E. «Quelques pionnières du monde scientifique» dans Les Cahiers de la femme, vol 5, no 4, été 1984, pp. 57 à 58.

MORAZAIN, Jeanne. «Pourquoi les filles boudent les sciences, dossier» dans Ma Caisse, vol 22, no 5, sept-oct. 1985.

MURA, Roberta. Attitudes, expériences et performance en mathématique d'étudiants et d'étudiantes de cinquième secondaire selon leur choix scolaire, les Cahiers de recherche du Groupe de recherche multidisciplinaire féministe, Québec, Université Laval, 1986.

NADEAU, Robert et Jacques DÉSAUTELS. Épistémologie et didactique des sciences, Conseil des sciences du Canada, 1984.

NIMIER, Jacques. Mathématique et affectivité, Paris, Stock, 1976.

PELLEREY, Michèle. «Pour un cadre de référence du thème» dans Prospectives, octobre 1987, pp. 115 à 116.

PELLETIER, Francine. «La belle au bois dormant se meurt. Le valium et le cancer du sein» dans La vie en rose, juin, juillet et août 1981, pp. 34 à 39.

PINE, G.J. et P.J. HORNE. «Principles and conditions for learning in adult education», Adult leadership, vol 18, no 4, pp. 108 à 134.

PITRE, André. L'adulte en situation d'apprentissage, Valleyfield, Cégep de Valleyfield, 1970.

PRINGLE, Peter et James SPIGELMAN. Les barons de l'atome, Paris, Seuil, 1982.

QUÉBEC, Direction générale de l'enseignement collégial. Transition-Travail: formation à distance, juillet 1988.

QUÉBEC, Ministère de l'Éducation, Coordination à la condition féminine, Répertoire de conférencières en emploi non traditionnel, Québec, (s.d.).

ROBERT, Ivon. La pédagogie des auditifs-ves, visuels-les et audio-visuels-les, (s.i.n.d.).

ROGEL, Jean-Pierre. «L'intelligence existe-t-elle?» dans Québec Science, février 1980, p. 14.

ROGERS, Jennifer. Adult learning, Harmondsworth, Middlesex, Penguin Books, 1971.

ROSNAY, Joël de. Le macroscope. Vers une vision globale, Paris, Seuil, 1975.

SÉGUIN, Fernand. «Une certaine idée de la science» dans Dimension Science, no 1, 1985, p. 32.

SOCIÉTÉ DES CANADIENNES DANS LES SCIENCES ET LA TECHNOLOGIE. Les Actes de la première Conférence nationale des femmes dans les sciences, le génie et la technologie, 20 au 22 mai 1983, Vancouver, C.B., 1983.

TERLON, Claire. «Filles et garçons devant l'enseignement scientifique et technique, recherches anglo-saxonnes» dans Revue française de pédagogie, no 72, juil-août-sept. 1985, pp. 51 à 59.

THUILLIER, Pierre. Le petit savant illustré, Paris, Seuil, 1980.

THUILLIER, Pierre. «La cause des femmes et l'écologie» dans La recherche, no 130, fév., 1982.

TOBIAS, Sheila. (1978) Le mythe des maths, Paris, Études vivantes, 1980.

UNESCO. Nouvelles tendances de l'enseignement de la chimie, Presses de l'UNESCO, 1981.

VANDELAC, Louise et al. Du travail et de l'amour. Les dessous de la production domestique, Éditions St-Martin, 1985, (s.l.).

VERNER, C. et C.V. DAVIDSON. Psychological factors in adult learning and instruction, Florida, Research Information Processing Center, Department of Adult Education, Florida State University, Tallahasse, 1971.

VILLEDIEU, Yannick. «Karen Messing: faire de la science pour changer des choses» dans Interface, janvier et février 1988, pp 8 à 10.

WATSON, James D. La double hélice, Robert Laffont, Paris, 1968.

ZOFIA KRYGOWSKA, Anna. «Comprendre l'erreur en mathémathiques» dans Prospectives, octobre 1987, p.117.

— «Le rôle de l'erreur en mathémathiques» dans Prospectives, octobre 1987, p.114.

— «L'intelligence existe-t-elle?» dans Québec Science, février 1980, p.12.

— «Une science qui s'écroule» dans Québec Science, mai 1977, pp. 13 à 16.

— «La fraude: une pratique courante en sciences de la vie» dans La Recherche, février 1988, pp. 240 à 244.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science

1513-0147
89-0723